

METHOD OF CONVERSION OF MOTION IN POSITIVE-DISPLACEMENT  
MACHINE AND POSITIVE-DISPLACEMENT MACHINE FOR  
REALIZATION OF THIS METHOD

M. E. Brodov and Gorban' Aleksandr Mikhajlovich

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
WASHINGTON, D.C. MARCH 2007  
TRANSLATED BY THE MCELROY TRANSLATION COMPANY

## RUSSIAN AGENCY FOR PATENTS AND TRADEMARKS

RUSSIAN PATENT NO. 2 140 018 C1

Int. Cl.<sup>6</sup>:

F 04 C 2/00

Filing No.:

98109084/06

Filing Date:

May 13, 1998

Registration Date:

May 13, 1998

Publication Date:

October 20, 1999

**METHOD OF CONVERSION OF MOTION IN POSITIVE-DISPLACEMENT  
MACHINE AND POSITIVE-DISPLACEMENT MACHINE FOR  
REALIZATION OF THIS METHOD**

[Sposob preobrazovaniya dvizheniya v mashine obbemnogo passhireniya (vyitesneniya) i  
obbemnaya mashina gorbanya-brodova]

Inventor:

M. E. Brodov and  
Gorban' Aleksandr Mikhajlovich

Applicant:

M. E. Brodov and  
Gorban' Aleksandr Mikhajlovich

Proprietor:

M. E. Brodov and  
Gorban' Aleksandr Mikhajlovich

The invention relates to mechanical engineering, and to construction of motors,  
compressors, pumps, etc. It can be used in mechanical equipment and in volumetric  
[displacement] machines producing energy through working means - liquids or gas, for example,

---

\* [The numbers in the right margin indicate pagination of the original text.]

in rotor-piston internal combustion engines with cycles, such as Otto and diesel engines, and in Wankel rotary engines.

All well-known means of converting movement in rotary displacement machines fall into two categories: rotational (differential) and planetary. In the first of these, two components - an engaging [male] and an engaged [female] element with source and reactive profile revolve around immobile axes. In the second, one of these elements moves around the center of the other, stationary element.

For the planetary method of conversion of motion, the number of full cycles of change of the volume of the chamber, limited by the curved-line surface of the rotor and the trochoid surface of the stator [housing] during one rotation of the drive shaft is equal to the number of limbs of the trochoid  $j=Z-1$ , where  $Z=2,3,4\dots$  - any whole number equal to the number of enveloping internal and external points of overlap of the group of trochoids. The number of cycles of the face of the rotor at which the volume of the working body changes from its minimal to its maximal value equals  $2j$ , and each cycle occurs when the rotation of the center of the planetary element to an angle of  $\gamma=\pi Z/(Z-1)$ .

Known methods of conversion of motion are used in volumetric machines with one independent degree of freedom of rotational motion with joined, curved-line elements, for example in mechanisms with cycloidal linkage [USSR Certificate of Authorship N. 205567].

These methods are used in trochoidal positive displacement machines in which, during the process of motion of joined male and female elements with internal or external trochoidal [cycloidal] shape, periodic changes in the volume of the displacement chambers occur during different thermodynamic cycles [Beniovich V.S, Apazidi G.D., Boiko A.M, Rotor-piston engines. Moscow: Mashinostroenie, 1968].

In well-known positive displacement machines the interconnected motion of the male and female elements provides synchronization to the mechanism, and if the number of forming curves is greater on the female element than on the male element, then synchronization is provided by self-linkage of the elements themselves, that is, without the use of specialized mechanisms for synchronization.

The closest technical solution to the proposed method is a method of conversion of motion in a trochoidal positive displacement machine is a method that includes cyclically-changing closed volumes between kinematically interconnected elements - a rotor and a housing - female and male elements with cycloidal [trochoidal] interacting [reciprocal] geometric surfaces or during differential motion of both elements [French Patent No. 2719874, 1995].

Well-known methods of conversion of motion in positive displacement machines with joined curved-line elements possess limited technological possibilities which do not allow for an increase in the number of working cycles, realized during one rotation [period of rotation] of the elements of the combustion chamber, as well as increasing the efficiency [KPD] with respect to the absence of reactive force in the base of the stationary body of the machine.

The problem for which this invention provides a solution is broadening the technical and functional possibilities by means of increasing the number of independent degrees of freedom of rotational motion to two and the number of working cycles of change in volume of the working (combustion) chambers in a single rotation of the drive shaft and with a simultaneous decrease of the value of the summary flywheel event and reaction on the bearings of the trochoidal positive displacement machine.

To achieve the above-indicated technical results in a known method of conversion of motion in a positive displacement machine of joined elements of connecting surfaces, with one end of the connecting elements in the shape of a curved surface, and the other in the form of externally or internally connecting surfaces formed from the above-mentioned curved surface, which produces interconnected rotational motion of the joined elements with the possibility of forming working displacement chambers, and by means of the components of a synchronizing connection these elements synchronize the rotation of the joined elements and produce differentially connected rotation of both joined elements around their axes and linkage of the synchronizing connections and two independent rotations where the angular velocity of rotation is determined by the ratio

$$K_1\omega_1 + K_2\omega_2 + K_3\omega_3 = 0$$

where

$\omega_1, \omega_2$  are the angular velocity of rotation around the axes of the joined elements,

$\omega_3$  is the angular velocity of rotation of the linkage of the synchronizing connection,

$K_1$  and  $K_2$  are the static coefficients of the connection

while simultaneously with the rotation of the joined elements around their axes, there also occurs planetary rotation of any of the joined elements around the axis of another element, and the value of the angular velocity of the rotation of the joined elements is determined by the ratio

$$(Z-1) \frac{\omega_1}{\omega_1} - Z \frac{\omega_2}{\omega_0} + = 0,$$

where  $\omega_1$  is the angular velocity of rotation around its axis of an element with a curved surface,

$\omega_2$  is the angular velocity of rotation around its axis of an element whose surface is formed from an internal or external group of the above-mentioned surfaces,

$\omega_0$  is the angular velocity of motion of the axis of an element of planetary rotation,

Z is a whole number with  $Z > 1$ .

In addition, any two of the rotations of two joined elements around their axes and the linkage of the synchronizing connection can themselves be synchronized.

In addition, transmission of motion from one element to another can occur by means of mechanical contact [engagement] of the curved surfaces of the joined elements with formation of a kinematic pair. The closest technical solution to this proposed mechanism is a trochoidal positive displacement machine, consisting of a body with a main axis, in which connecting elements are located which can form working chambers, a synchronizing link between the connecting elements, where one of the elements forms a curved surface, and the other element is an internally or externally engaging group of the above-mentioned curved surfaces.

The working chambers are formed by the engaging elements and two flat walls, the synchronizer is formed from a gear coupling with six external and internal linkages, while the body contains an eccentric [cam] shaft with main journals and a rotor having a number of nodes with arched [curved] sides, positioned in a hinged manner on the cam of the shaft and firmly joined with the gear of the internal linkage which is in constant contact with the external gear of the edge wall [Sukhomlinov R.M. Trochoidal rotary compressors, Objedinenie Visha Shkola Publishers, Gosuniversitet, Kharkov, 1975, pp. 70-71].

A well-known apparatus possesses one independent degree of freedom of rotational motion and limited technical possibilities, with no possibility of increasing the number of working cycles during one revolution [period of rotation] of the elements of the displacement pair, or of increasing efficiency on account of the absence of reactive force at the bases [supports] of the stationary body of the machine. Thus, for example, in a Wankel engine, one full cycle, equal to four indicated working cycles, occurs after three rotations of the cam shaft. In addition, in well-known trochoidal positive displacement machines, at the supports of the stationary body there are significant static reactive and inertial moments that lower the reliability and working life.

The problem solved by this invention is increasing the technical and functional possibilities by means of increasing the number of independent degrees of freedom of rotational motion to two and increasing the range of driving relationships of the mechanisms with curved elements and the number of working cycles of change in volume of the compression chambers during one revolution of the drive shaft with simultaneous decrease of the value of summary flywheel moment and reaction at the bearings of trochoidal positive displacement machines.

To achieve these technical results in a known positive displacement machine containing a body with a main axis, engageable elements able to form working chambers, and a synchronizer having at least one linkage, one of the engageable elements is placed in a hinged manner on the body or on the synchronizer and can rotate around the main axis, and the second engageable element is placed in the synchronizer and can rotate in a planetary manner around the axis of the first element, while one of the engageable elements contains a curved surface and the second element contains either an external or internal flexible group of surfaces formed from the previously mentioned curved surfaces, a synchronizer placed in the body and capable of rotation relative to the main axis, while at least one of the engageable elements and the synchronizer or at least two of the engageable elements are connected to form a kinematic pair, and capable of synchronization of rotation of two engageable elements around their axes or rotation of one of the elements around its axis and rotation of the axis of the second engageable element, executing planetary rotation, around the main axis, in accordance with the ratio

$$K_1 \omega_1 + K_2 \omega_2 + \omega_3 = 0$$

where

$\omega_1, \omega_2$  are the angular velocity of rotation around the their axes of the above mentioned engageable elements,

$\omega_3$  is the angular velocity of rotation of the axis of the element executing planetary motion,

$K_1$  and  $K_2$  are the static coefficients of the connection, while any two of the three above mentioned rotations  $\omega_3, \omega_1, \omega_2$  are independent of each other.

In addition, the machine can be equipped with an additional synchronizer connected at least to any two of the following parts of the positive displacement machine - the synchronizer, the body, or the engageable elements.

In addition, the additional synchronizer can be constructed as a transmission with driving relationship equal plus or minus to one, or as a mechanism of circular reciprocal motion of one of the engageable elements, or as a link gear or as an inverter of the direction of rotation.

In addition the machine can be equipped with an additional kinematic chain, connected with any two of the following parts of the machine - synchronizer, body, engageable elements capable of decreasing by one the number of independent degrees of freedom of the machine. /5

In addition, the additional kinematic chain can be a planetary geared drive.

In addition, one of the engageable elements consists of cylindrical pins.

In addition it [kinematic chain] can be equipped with a mechanism for transmission of rotation, connected with at least two of the following rotating parts of the machine: engageable elements and additional synchronizer, and having the means to connect to at least two of the rotation elements of an external apparatus.

In addition, it can be equipped with additional engageable elements constructed of [equipped with] the above mentioned curved surface or a limited connecting group of curved surfaces, and with the capability of forming additional working chambers and with capable of rotational and planetary motion, while all engageable elements are positioned either axially together or coaxially in the chambers relative to each other and connected one to the other.

In addition, one of the above mentioned engageable elements can be firmly attached to an additional engageable element, and another engageable element can be firmly attached to a second additional engageable element, while these elements are placed in working chambers coaxially to each other.

In addition, the engageable elements can have the possibility of mechanical contact of their curved surfaces and thus be able to form a kinematic pair.

Figure 1 presents a diagram of a method of conversion of motion in a trochoidal positive displacement machine.

Figure 2 shows a cross section of working chambers of a positive displacement machine with additional male and female elements.

Figure 3 shows the longitudinal dimension of a positive displacement machine constructed with circular forward motion of the male element in the shape of an internal covering.

Figure 4 is the A-A cross section of Figure 3.

Figure 5 shows the longitudinal dimension of a positive displacement machine equipped with circular forward motion of the female element in the shape of a two-node trochoid.

Figure 6 is the B-B cross section of Figure 5.

Figure 7 shows the longitudinal dimension of a positive displacement machine with circular forward motion of the female element in the shape of a two-node trochoid.

Figure 8 is the V-V cross-section of Figure 7.

Figure 9 shows the longitudinal dimension of a positive displacement machine with a synchronizer in the form of a [round] gear with planetary motion of the male element in the shape of an internal covering.

Figure 10 is the G-G cross section of Figure 9.

The proposed method of conversion of motion in a positive displacement machine with conjugated elements of curved form is realized in the following manner. Interconnected rotation with two degrees of freedom of rotational motion of kinematically joined male and female elements and synchronization linkages is realized, and either planetary rotation of one of the joined elements, or differential rotation of both these elements is realized, restricted mutually embracing surfaces on one of the joined elements in the form of a cycloid or trochoid, equidistant above-mentioned surfaces, a curved surface close to the above mentioned, or in the form of fragments of the above mentioned surfaces, and on the second in the form of an externally or internally enveloping group of the above mentioned curved surfaces and forming working [displacement] chambers.

In the presented illustrative material the female and male elements are represented respectively as a rotor and a stator of a positive displacement machine.

As an example of the realization of this method a positive displacement machine is presented, in which the male element consists of an internally enveloping three-cornered rotor 1 [Figure 1],  $Z=3$ , the working cavity [housing, chamber] of the female element is a two-cornered epitrochoid stator 5. The rotor 1 executes planetary movement, that is, with angular velocity  $\omega$  with circumference at the angle  $\theta$  around the center O with circumference passing through point  $O_1$ , while the rotor itself moves with angular velocity  $\omega/3$  around its center  $O_1$  in the direction coincident with the movement of its center with circumference, so that its three points  $A_1$ ,  $A_2$ , and  $A_3$  slide along the epitrochoid of the stator, without losing contact with it. In this planetary scheme of motion the epitrochoid stator is stationary.

An additional independent degree of freedom of rotational motion of the conjugated elements is introduced, for example, by activating three rotational movements, two of which are independent, and specifically, during the planetary motion of one of the conjugated elements, additional motion of the second conjugated element around its axis takes place, and during differential rotation of both conjugated elements, additional planetary motion of one of the

conjugated elements around the axis of the second element takes place. The initial phase and direction of each of these rotations, and the values of angular velocities of the rotation of the above mentioned conjugated elements is calculated according to the ratios

$$K_1\omega_1 + K_2\omega_2 + \omega_3 = 0$$

$$\omega_1/\omega_0 = K$$

$$\omega_2/\omega_0 = [(Z-1)K+1]/Z$$

where  $\omega_1$  is the angular velocity around its axis of an element whose surface is in the form of the above mentioned curved surfaces,  $\omega_2$  is the angular velocity of rotation around its axis of an element whose surface consists of an internally or externally enveloping group of the above mentioned curved surfaces,  $\omega_3$  is the angular velocity of rotation of the synchronizing linkage,  $\omega_0$  is the angular velocity of motion of the axis of the element executing planetary movement,  $K_1$  and  $K_2$  are the constant coefficients of the links,  $Z$  is the number of rotations of the enveloping group of curved surfaces mentioned above, any whole number greater than 1, and  $K$  is any real number.

Adding a differential movement to the planetary motion of the rotor, that is forcing the rotor and stator to additionally rotate around their centers  $O'$  and  $O'_1$  in one direction, the reverse direction of the planetary motion of the rotor with angular velocity is  $2/3/\omega$  [rotor] and  $-\omega$  [stator].

In this case the rotor takes a summary velocity of its own rotation around its center equal to  $\omega/3 - 2/3\omega = -\omega/3$ , and the angle of revolution  $\psi = -\theta/n$  around  $O'_1$  the center of the rotor  $O'_1$  retains its velocity of movement of circumference  $+\omega$  and angle  $\theta$ , and the stator takes velocity  $-\omega$ . This indicates that the peaks  $A'_1$ ,  $A'_2$  and  $A'_3$  of the three-cornered rotor will in this case describe a hypotrochoid and slide simultaneously along the epitrochoid of the stator, which rotates around its center with an angular velocity of  $-\omega$ , and the rotor will not lose contact with the stator. The cycle of change of one closed volume between the rotor and the stator decreases to  $-45^\circ$  of the angle of revolution of the rotor around its center, or what corresponds to  $+135^\circ$  of the angle of revolution of the center of the rotor - and  $-135^\circ$  of the angle of revolution of the housing around the center of the epitrochoid, that is, the cycle decreases in comparison with the known closest planetary analog with a stationary epitrochoid and three-point rotor by a factor of two [the number of cycles per revolution grew correspondingly by two times], while in comparison with the scheme of differential rotation, [it grew] by four times, which attests to the possibility of intensification of the thermodynamic cycles during such a conversion of motion.

In addition, the center of the rotor and stator rotate in opposite directions, that is counter rotationally, which significantly reduces the summary kinetic and reactive moments of the machine.

The cycle of change of the working volume in the epitrochoid scheme with planetary motion of the rotor [with internal enveloping [surfaces]] with additional rotation of the stator [epitrochoid], in Figure 1 equal to  $45^\circ$ , can be realized with  $Z = 3$  and a two-node epitrochoid under various angular initial phases of the center of the rotor and corresponding angular velocities of the elements and their centers, in particular, with the relationship of the angular velocities of rotation of the elements around their centers to the angular velocity of the center of an element executing planetary motion, that is  $\omega_1/\omega_0$  and  $\omega_2/\omega_0$ .

In particular, with an internally enveloping rotor 1 and epitrochoid stator 5 or with an initial hypotrochoid rotor 1 and an internally enveloping group of trochoid stator 5 the planetary motion of rotor 1 can be described by the ratio  $e_{np} + 1/Z e_p$ , where  $e_{np}$  and  $e_p$  are the unitary [individual] vectors of angular velocity of the center of rotor 1 and the rotor. To this we add the differential motion of rotation, described by the expression

$$K e_{TK} + K(Z-1)/Z e_p, \text{ receiving } K \text{ as } e_{TK} + e_{np} + [1+K(Z-1)]/Z e_p.$$

From this it follows, that with realization of the surface of an element with an internally or externally enveloping group of curved surfaces executing planetary motion, and the surface of an element with a curved surface rotating around its stationary center, the relationships of angular velocity of the element rotating around its stationary center and the angular velocity of rotation [around its center] of an element executing planetary motion to the angular velocity of the movement of the center of the element executing planetary motion is equal respectively to  $K$  and  $[(Z-1)K+1]/Z$ .

Thus, for example, when  $Z = 3$ , with the planetary motion of the male element of the rotor with internal enveloping [surface?] and additional rotation of the epitrochoid housing and rotor around their centers, we have

$$\theta = 45^\circ, K = -5, K_1 = -5; K_2 = -3; \text{ cycle } \gamma = 45^\circ \text{ of the rotation of the center of the rotor.}$$

$$\theta = 135^\circ, K = -1, K_1 = -; K_2 = 1/3; \text{ cycle } \gamma = 45^\circ \text{ of the rotation of the center of the rotor.}$$

The proposed method of conversion of motion in a mechanism with conjugated curved elements produces differentially connected rotation of these elements and the synchronizing linkage, while the velocity of their rotation is determined in accordance with the ratio

$$K_1\omega_1 + K_2\omega_2 + \omega_3 = 0,$$

where  $\omega_1$  and  $\omega_2$  are the angular velocities of rotation of the above mentioned elements,  $\omega_3$  is the angular velocity of rotation of the synchronization linkage,  $K_1$  and  $K_2$  are the constant

coefficients of the link, while the values of any two velocities are taken arbitrarily. With such a relationship, indicated by the absence in the mechanism of two degrees of freedom, it works as a differential mechanism.

The following variants of conversion of motion of the mechanism are possible: 1/ without transmission of motion between the female and male elements, in which case their movement is determined by the synchronization linkages without interaction of the conjugated elements themselves; 2/ with transmission of rotation by the interacting conjugated elements, in this case the curved surfaces of the male and female produce mechanical contact, and form a kinematic pair and form the means of resulting transmission of motion between the male and female elements.

In general it is possible to realize a kinematic chain of any number of additional male and female elements mounted in additional synchronization mechanisms with the possibility of rotational and planetary motion, and the basic and additional elements can be located together and side by side.

Figure 2 presents an example of the realization of joining six curved surfaces of four stationary elements. In this variant of a positive displacement machine, an additional curved surface 30 is joined with the external surface of a female - stator 5. Here, if the internal surface of stator 5 is a curved surface, then the additional external surface 30 of the female element - rotor 1 - is also constructed as equidistant curved surfaces, and if the internal surface of stator 5 is constructed as an external enveloping group of curved surfaces, then the external surface of rotor 1 is constructed as an internal enveloping group of curved surfaces. In addition a second female element is introduced - the rotor with surfaces 27 and 31, coaxially placed with the first male element - rotor 1. In this case the internal curved surface 31 of the additional female element is constructed as a joined spring of surface 30 of the first female element - stator 5.

In the presented variant some elements are firmly attached to each other. Thus, one of the elements - stator 5 - is firmly attached to the additional element with curved surface 30, with the equidistant surface of the element - stator 5, or with the surface which in turn envelopes the group of curved surfaces; another element with surface 31 is firmly attached with another additional element, constructed with surface 27, while all elements with surfaces 30, 31, 27, and 29 are coaxially placed within each other.

The method of conversion of motion in a positive displacement machine according to Figure 2 is realized in the same way as in Figure 1 but takes into account the simultaneous interaction of three pairs of conjugated surfaces.

The positive displacement machine in which the proposed method is realized is a stationary housing containing female and male conjugated elements constructed respectively as elements with conjugated surfaces in the form of a cycloid or trochoid, or equidistant above mentioned surfaces, or curved surfaces close to the former, or as fragments of these surfaces, while one of the conjugated elements is restricted by an above mentioned curved surface, and another is restricted by an external or internal enveloping group of these curved surfaces, and contains its own housing and synchronization mechanism - a synchronizer, mechanically connected conjugated elements and a stationary housing. In this mechanism with two degrees of freedom the conjugated elements are constructed with the possibility of simultaneous interconnected planetary motion of one of these elements around the axis of the other element and rotation of another of these elements, hinged to the housing, around its axis.

The positive displacement machine is equipped with an additional joined synchronization mechanism; the conjugated elements are the main synchronization mechanism and the housing.

Figures 3 and 4 schematically present a two-stage trochoidal positive displacement machine, including a female element stator 5 with a trochoidal internal surface and flat end walls [not shown in the drawing], stationary housing 6, a synchronizing link - crankshaft 7 with main journals hinged in the stationary housing 6, female element in the form of rotor 1 with a curved external surface hinged to the joint journal of crankshaft 7, the synchronizing element constructed as parallel crankshafts 22, joint journals hinged to the stationary housing 6, and joint journals hinged to rotor 1, while the radii of crankshaft 7 and crankshafts 22 are randomly chosen, and stator 5 is hinged to the stationary housing 6 and can rotate around its own axis and is mechanically joined with the additional synchronization mechanism. Crankshaft 7 is connected with stator 5 and with the joint journals of the parallel crankshafts 22 through a mechanism for transmission of rotation, for example, a reduction gear or a multiplier with gears 23, 24, 25, and 26. Rotor 1 is constructed as a three-cornered internal enveloping component, and stator 5 as a two-node trochoid.

Work in the mechanism proceeds according to the schematic in Figure 1, but with forward motion of rotor 1. During rotation of the crankshaft 7 the kinematic bond of the gears 23, 24, 25, and 26 enables rotation of stator 5 with angular velocity two times less and in the opposite direction to crankshaft 7. Thanks to parallel crankshafts 22, rotor 1 executes circular forward motion. At  $Z = 3$  the three-cornered rotor 1 with internal enveloping and two-node trochoid stator 5 [complete] an angular cycle of change of the closed volumes equal to  $\gamma = 90^\circ$  according to the angle of revolution of stator 5, that is, a full cycle, including four engine cycles, of work of the positive displacement machine takes place during one revolution of stator 5.

Figure 5 presents a variant of a two-stage positive displacement machine, which works in an analogous manner to the machine in Figure 3, but in this machine rotor 1 is constructed with an external surface in the form of a two-node trochoid, and stator 5 is constructed with an internal three-node externally-enveloping surface [Z=3]. In this machine rotor 1 is also installed in crankshaft 22, enabling its circular forward motion around axis O, and stator 5 is hinged to the housing and is capable of rotation. However in this variant rotor 1 and stator 5 form a self-synchronizing kinematic pair since the number of forming nodes [three] on the female element - stator 5 - is greater than the number on the male element - rotor 1, which has two nodes. In this case a synchronizer is not needed.

The positive displacement machine works in the following manner.

During rotation of crankshaft 7 [Figure 5] rotor 1 executes circular forward motion in a synchronizing element - the system of parallel crankshafts 22. During motion of rotor 1 self-engagement of the rotor takes place with the internal surface of stator 5, and as a result stator 5 engages rotor 1 and rotates in the same direction as crankshaft 7. The ratio of angular velocities of rotation of crankshaft 7 and stator 5 equals 3/1.

In the closed volumes, which change during rotation of crankshaft 7, between rotor 1, stator 5 and the flat end walls [not shown] thermodynamic cycles of positive displacement machines can occur. In particular, the four-stroke cycle of an internal combustion engine is realized in the mechanism in Figure 5 during a single rotation of stator 5, which enables gas distribution in the closed volumes of the machine presented in Figure 5 using a valve [not shown] on the stationary housing.

Figures 7 and 8 present another variant of a trochoid machine with two degrees of freedom, which includes a two-node trochoid stator 5 with a center O and flat end walls [not shown], a three-node rotor 1 with curved surface placed in the cavity of stator 5, a stationary housing 6, and a synchronization mechanism for the motion of rotor 1 and stator 5. The synchronizer is realized as parallel crankshafts 22, whose journals are hinged to the stationary housing 6, and the hinged journals are hinged to stator 5, while the stator is capable of circular forward motion whose center is coincident with axis O - O of the shaft of rotor 1, hinged in the stationary housing 6 and capable of rotation around it axis O - O and kinematically connects with the synchronizing element in the form of crankshaft 22 through a mechanism for transmission of rotation, for example, a reduction gear or a multiplier with round gears 23, 24.

The work of the positive displacement machine in Figure 7 proceeds according to the schematic in Figure 1, but using the circular forward motion of stator 5. In this machine during rotation of rotor 1 the round gears 23 and 24 enable rotation of the main collar of the unitary crankshafts 22, firmly joined with round gears 24 to the eccentricity "e," with angular velocity,

for example, at  $Z=3$ , three times greater than the velocity of the shaft of rotor 1. Since the trochoid housing 5 is hinged, in suspension, in the offset collars of crankshafts 22, then during rotation of crankshafts 22 stator 5 executes a circular forward motion, which corresponds to the schematic of Figure 1 in the case of rotational motion of rotor 1 and circular forward motion of stator 5.

In the variants of the machine shown in Figures 3, 5, and 7 the choice of the value of eccentricity "e" does not affect the value of the diameters of the synchronizing round gears 23, 24, 25, and 26, which lets us use these schematics for the work of machines such as internal combustion engines with ignition of compressed fuel, where the value  $e$  is usually small.

Figures 9 and 10 present a trochoid machine with two degrees of freedom, including trochoid stator 5 and flat end walls [not shown], a three-node rotor 1 with a curved external surface, a stationary housing 6, a synchronizing link in the form of crankshaft 7, whose main journals are hinged to the stationary housing 6 and capable of rotation, and pairs of round gears 3 and 4, in continuous contact, one of which is connected to rotor 1 and the other to stator 5, and additional synchronization mechanism - a synchronizer consisting of round gears 2 and 8, the latter of which is geared internally, connected with the stationary housing 6, and the other is externally geared and installed on rotor 1. The movable trochoid stator 5, three-node rotor 1 on the cam, two round gears 2 and 3 on rotor 1, round gear 4 on the trochoid stator 5 and the immobile round gear 8 form a counter-rotational trochoid positive displacement machine.

The work of a trochoid positive displacement machine proceeds in the following manner. During rotation of the eccentric [cam] crankshaft 7 the round gear 2 of rotor 1 embraces the internal surface of the immobile round gear 8 and forces rotor 1 to execute planetary motion. The round gear 3 rotates the round gear 4 of the trochoid stator 5, which counter-rotates with respect to crankshaft 7. The change of the working volumes of the changer between rotor 1, stator 5 and the flat end walls of stator 5 occur two times more frequently than in the prototype, and the peaks of the rotor describe a hypotrochoid and simultaneously slide along the epitrochoid.

The given case uses a synchronizer in the form of a pair of round gears 2 and 8. It is possible to construct a synchronizer in the form of a link gear with a rotation link or an inverter of the direction of rotation [not shown].

Rotor 1 and stator 5 in other variants of a positive displacement machine can be constructed as elements of a lantern gear, a wheel with cylindrical pins and a round gear with cycloid enveloping [surface].

In the general case, two rotation elements of a trochoid machine, one with counter-rotation, can be connected by means of driving gears with rotating elements of external

equipment or mechanisms, with which the transmission of rotational moments can be realized either from a trochoid machine to external equipment or in the reverse direction. Such a link can be realized, for example, with a counter-rotary turbine, a compressor or a counter-rotary electric machine.

A trochoid machine can be equipped with a valve capable of sliding along a face or cylindrical surface of one of the conjugated elements [not shown].

The advantage of the invention consists in decreasing the angular extent of thermodynamic cycles, decreasing the flywheel resultant moment and the reaction on the bearings of the machine, improvement of volumetric specific indicators during realization of two-stage counter-rotary positive displacement machines and other variants and of two-stage positive displacement machines in accordance with this invention.

### Claims

1. A method of conversion of motion in a positive displacement machine, having conjugated elements, restricted mutually-embracing surfaces, constructed on one of the conjugated elements as a curved surface, and on the other as an external or internal enveloping group of surfaces, and constructed from the above-mentioned curved surface, including the fact that they execute mutually-joined rotational motion of the male and female conjugated elements and are capable of forming working displacement chambers and through linkages of synchronizing connections can synchronize the rotation of the male and female conjugated elements, distinguished by the fact that they produce differentially connected motion of the two above mentioned conjugated elements around their axes and the synchronizing linkage, two rotations of the above mentioned are independent of one another, while the angular velocity of rotation is determined by the ratio

$$K_1\omega_1 + K_2\omega_2 + \omega_3 = 0$$

where  $\omega_1$  and  $\omega_2$  are the angular velocities around their axes of the above mentioned conjugated elements;

$\omega_3$  is the angular velocity of rotation of the synchronizing linkage;

$K_1$  and  $K_2$  are the constant coefficients of the link;

while simultaneously with the rotation of the conjugated elements around their axes there is additional planetary rotation of any of the conjugated elements around the axis of another

element, and the value of angular velocities of the rotation of the conjugated elements is taken from the ratio

$$(Z-1)\omega_1 - Z\omega_0 + \omega_2 = 0,$$

where  $\omega_1$  is the angular velocity of rotation around its own axis of an element whose surface is constructed as a curved surface;

$\omega_2$  is the angular velocity of rotation around its own axis of an element whose surface is constructed as an internally or externally enveloping group of surfaces from the above mentioned curved surfaces;

$\omega_0$  is the angular velocity of the motion of the axis of an element executing planetary rotation;

$A$  is a whole number,  $Z > 1$ .

2. A method as in Example 1, distinguished by the fact that, any two rotations of the rotations of two conjugated elements around their axes and the synchronizing linkage are synchronized.

3. A method as in Example 1 or 2, distinguished by the fact that transmission of motion from one element to another is accomplished through mechanical contact of the curved surfaces of the male and female conjugated elements with resultant formation of a kinematic pair.

4. A positive displacement machine containing a housing with a main axis, male and female conjugated elements, constructed with the capability of forming working chambers, and a synchronizer having at least one linkage, one of the conjugated elements hinged to the housing or the synchronizer and capable of rotation around the main axis, and the other conjugated element located in the synchronizer and capable of planetary rotation around the axis of the first element, while one of the conjugated elements is constructed from curved surface, and the second element is constructed in the form of an externally or internally enveloping group of surfaces formed from the above mentioned curved surfaces, distinguished by the fact that the synchronizer is placed in the housing and is capable of rotation relative to the main axis, while at least one of the conjugated elements and the synchronizer or at least two of the conjugated elements are interconnected and form a kinematic chain capable of synchronizing the rotation of two conjugated elements around their axes or the rotation of one of the conjugated elements around its axis and the rotation of the axis of the second conjugated element executing planetary rotation around the main axis in accordance with the ratio

$$K_1\omega_1 + K_2\omega_2 + \omega_0 = 0,$$

where  $\omega_1$  and  $\omega_2$  are the angular velocities around their axes of the above mentioned conjugated elements;

$\omega_0$  is the angular velocity of rotation of the axis of the element executing planetary motion;

$K_1$  and  $K_2$  are the constant coefficients of the link, while two of the three above mentioned rotations  $\omega_0$ ,  $\omega_1$ , and  $\omega_2$ , are independent of each other.

5. A machine as in Example 4, distinguished by the fact that it is equipped with an additional synchronizer, connected at least with any two of the following parts of the positive displacement machine - synchronizer, housing, conjugated elements. /10

6. A machine as in Example 5, distinguished by the fact that an additional synchronizer is provided in the form of a transmission with a gear ratio equal plus or minus to one, or a mechanism of circular forward motion of one of the conjugated elements, or a link gear, or an inverter of the direction of rotation.

7. A machine as in Example 4, 5, or 6, distinguished by the fact that it is equipped with an additional kinematic chain, connected with any two of the following parts of the machine - synchronizer, the housing, conjugated elements capable of decreasing by one the number of independent degrees of freedom of the machine.

8. A machine as in Example 7, distinguished by the fact that an additional kinematic chain is realized as a planetary toothed transmission.

9. A machine as in Examples 4, 5, 6, 7, or 8, distinguished by the fact that one of the conjugated elements is constructed with cylindrical pins.

10. A machine as in Examples 4, 5, 6, 7, 8, or 9, distinguished by the fact that it is equipped with components for transmission of rotation, connected with at least with two of the following rotating parts of the machine: conjugated elements and additional synchronizer and having the means to connect at least two rotation elements of the internal components.

11. A machine as in Examples 4, 5, 6, 7, 8, 9, or 10, distinguished by the fact that it is equipped with additional male and female conjugated elements, constructed from the above mentioned curved surfaces or restricted enveloping groups of the above mentioned curved surfaces, capable of forming additional working [displacement chambers] and capable of rotational and planetary motion, which all conjugated elements are placed either with their axes together or coaxially in the chambers relative to each other and connected one to the other.

12. A machine as in Example 11, distinguished by the fact that one of the above mentioned conjugated elements is firmly connected with another additional conjugated element, another conjugated element is firmly connected with a second additional conjugated element, while these elements are placed in working chambers coaxially relative to each other.

13. A machine as in Examples 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, or 12, distinguished by the fact, that the male and female conjugated elements are capable of mechanical contact of their curved surfaces and can thus form kinematic pairs.

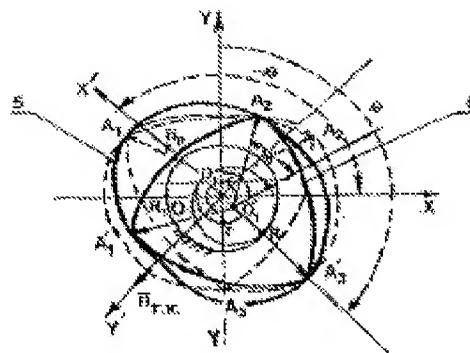


Figure 1

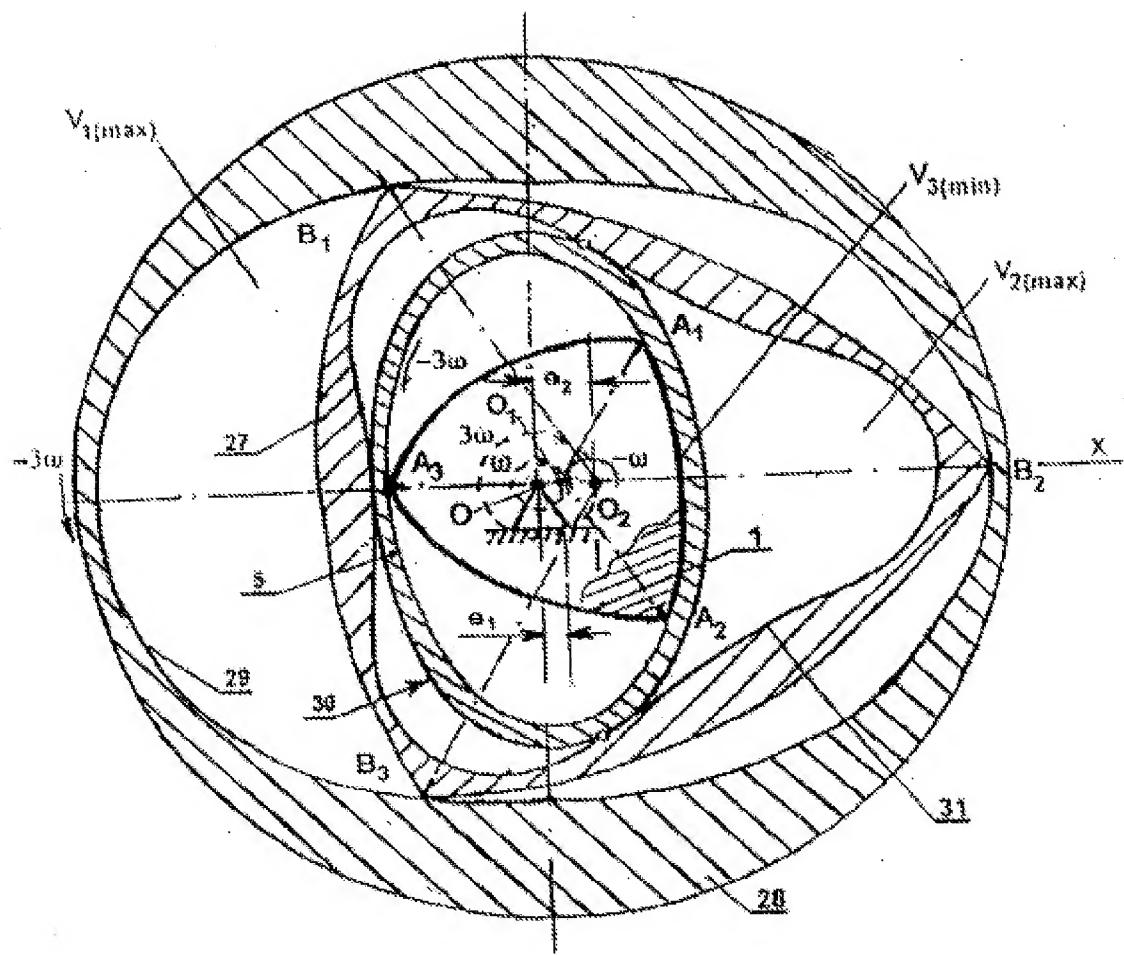


Figure 2

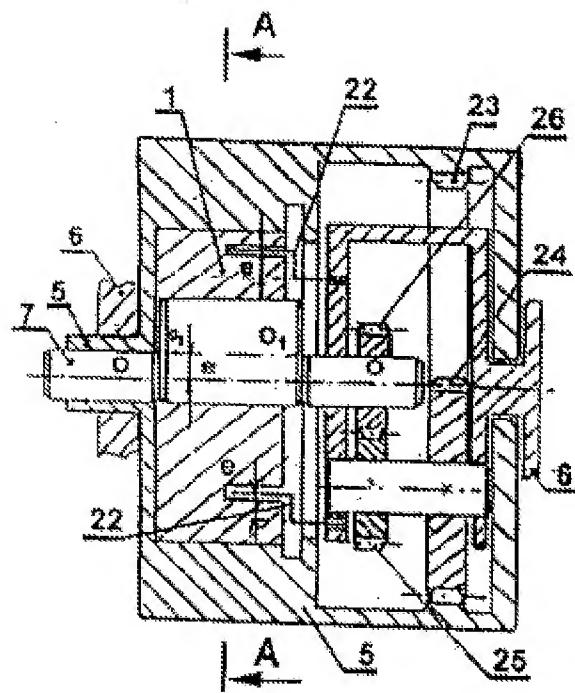


Figure 3

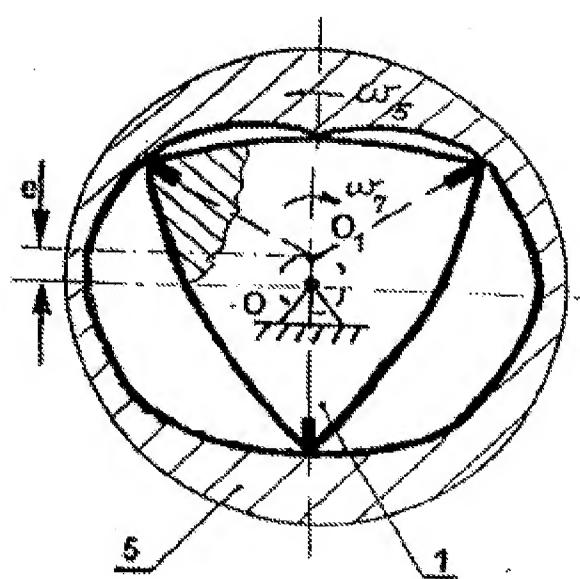


Figure 4

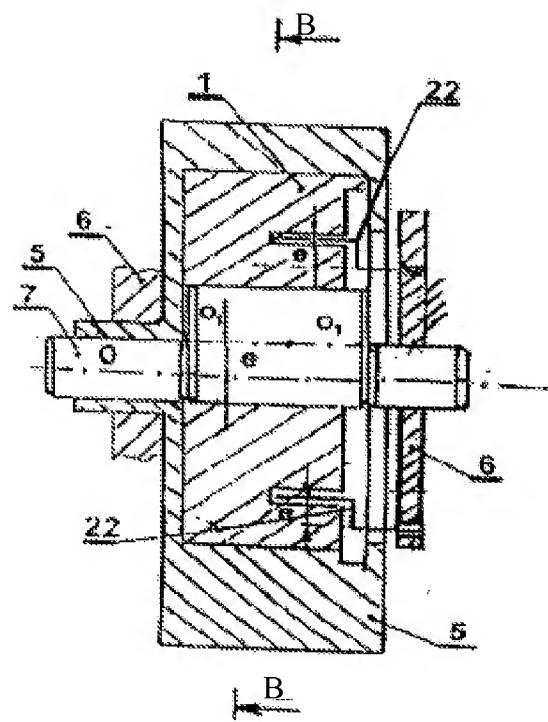


Figure 5

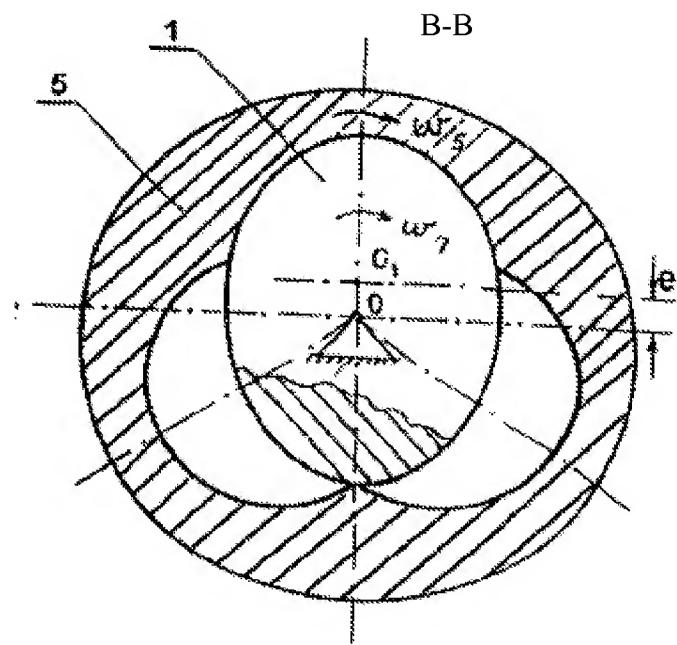


Figure 6

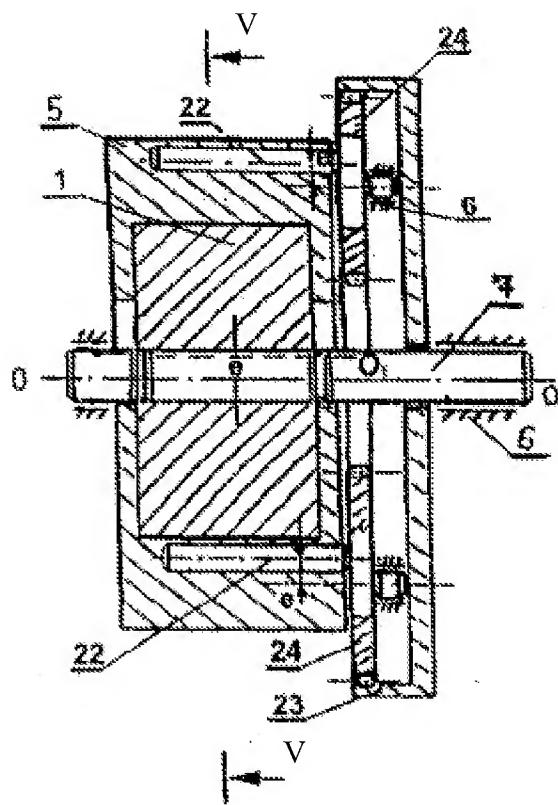


Figure 7

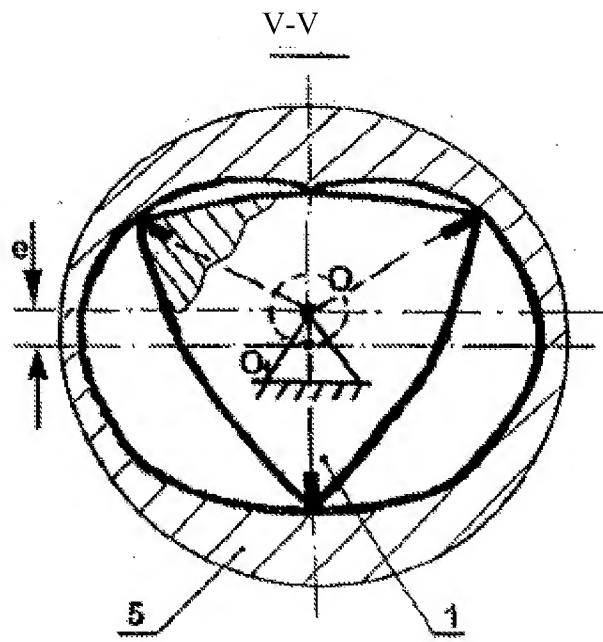


Figure 8

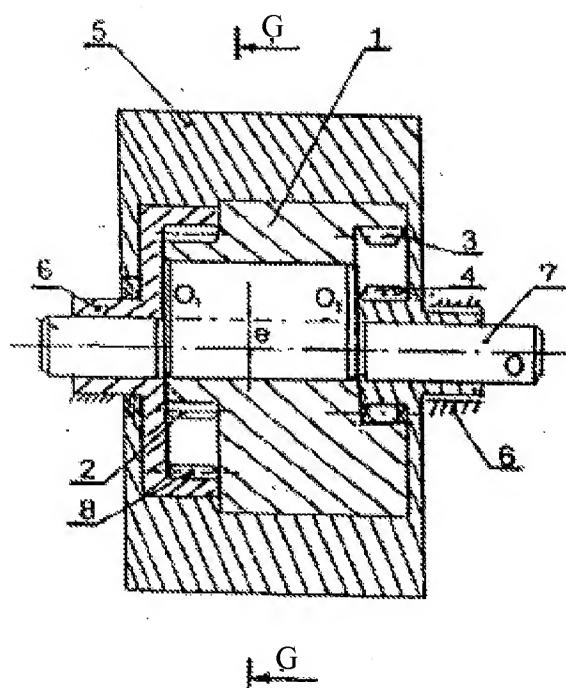


Figure 9

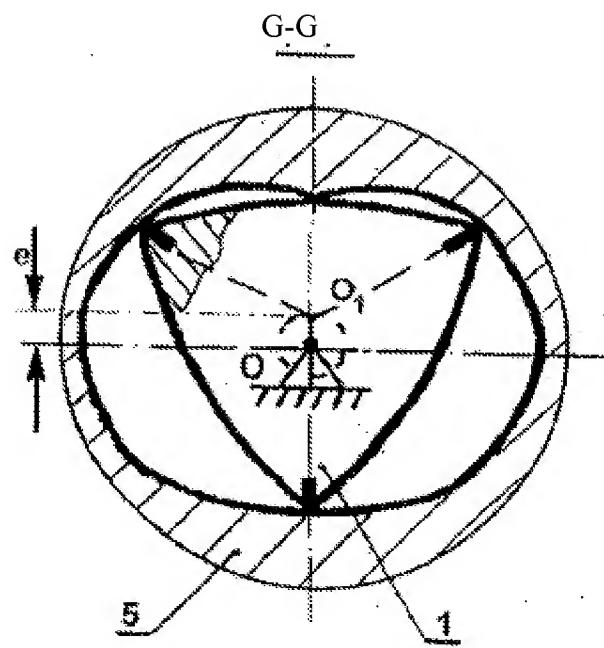


Figure 10



(19) RU (11) 2 140 018 (13) C1  
(51) МПК<sup>6</sup> F 04 C 2/00

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

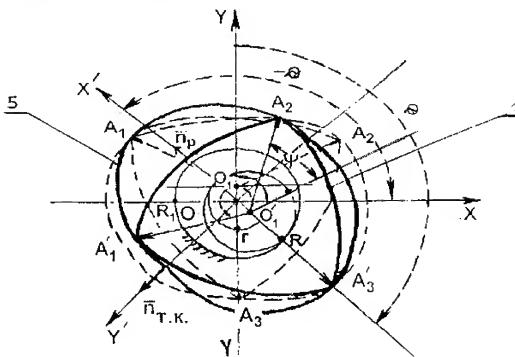
(21), (22) Заявка: 98109084/06, 13.05.1998  
(24) Дата начала действия патента: 13.05.1998  
(46) Дата публикации: 20.10.1999  
(56) Ссылки: FR 2719874 A, 17.11.95. Сухомлинов Р.М. Трехходные роторные компрессоры. - Харьков: Вища школа, 1975, с.70, 71. SU 1681050 A1, 30.09.91. SU 1694986 A1, 30.11.91. SU 357371 A, 31.10.72.  
(98) Адрес для переписки:  
117602, Москва, Мичуринский пр-т,  
"Олимпийская деревня", д.8, кв.8, Бродову М.Г.

(71) Заявитель:  
Бродов Михаил Ефимович (RU),  
Горбань Александр Михайлович (UA)  
(72) Изобретатель: Бродов М.Е.(RU),  
Горбань Александр Михайлович (UA)  
(73) Патентообладатель:  
Бродов Михаил Ефимович (RU),  
Горбань Александр Михайлович (UA)

(54) СПОСОБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ В МАШИНЕ ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ (ВЫТЕСНЕНИЯ) И  
ОБЪЕМНАЯ МАШИНА ГОРБАНЯ-БРОДОВА

(57) Реферат:  
Способ преобразования движения в машине объемного расширения (вытеснения) и объемная машина могут быть использованы в редукторостроении, моторостроении, компрессоростроении, насосостроении и т.д., в таких механизмах, как редукторы, дифференциалы, инверторы и т.д., в таких машинах, как двигатели внутреннего сгорания, насосы, компрессоры и т.д. Способ преобразования движения в машине объемного расширения (вытеснения) заключается в том, что осуществляют дифференциально связанные вращения двух вышеупомянутых сопряженных элементов вокруг своих осей и звена синхронизирующей связи, два вращения из упомянутых выше являются независимыми друг от друга, причем угловые скорости вращений определяют из определенного соотношения. Одновременно с вращением сопряженных элементов вокруг своих осей осуществляют дополнительно планетарное вращение любого из сопряженных элементов вокруг оси другого элемента, а величины угловых скоростей вращений сопряженных элементов выбирают также из определенного соотношения. Особенностью выполнения машины объемного расширения (вытеснения) является то, что синхронизатор установлен в корпусе с возможностью вращения относительно основной оси, при этом по

меньшей мере один из сопряженных элементов и синхронизатор или по меньшей мере два сопряженных элемента связаны между собой с образованием кинематической цепи, установленной с возможностью синхронизации вращений двух сопряженных элементов вокруг своих осей или вращения одного из сопряженных элементов вокруг своей оси и вращения оси сопряженного элемента, совершающего планетарное вращение, вокруг основной оси в соответствии с определенным соотношением. Обеспечивается возможность увеличения числа рабочих циклов за один оборот приводного вала. 2 с. и 11 з.п.ф-лы, 10 ил.



ФИГ.1

RU 2 140 018 C 1



(19) RU (11) 2 140 018 (13) C1  
(51) Int. Cl. 6 F 04 C 2/00

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 98109084/06, 13.05.1998  
(24) Effective date for property rights: 13.05.1998  
(46) Date of publication: 20.10.1999  
(98) Mail address:  
117602, Moskva, Michurinskij pr-t,  
"Olimpijskaja derevnja", d.8, kv.8, Brodovu M.G.

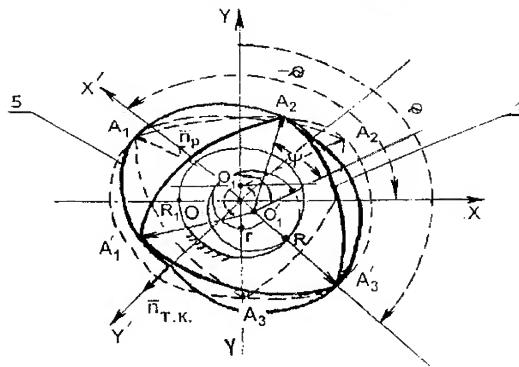
(71) Applicant: Brodov Mikhail Efimovich (RU), Gorban' Aleksandr Mikhajlovich (UA)  
(72) Inventor: Brodov M.E.(RU), Gorban' Aleksandr Mikhajlovich (UA)  
(73) Proprietor: Brodov Mikhail Efimovich (RU), Gorban' Aleksandr Mikhajlovich (UA)

(54) METHOD OF CONVERSION OF MOTION IN POSITIVE-DISPLACEMENT MACHINE AND POSITIVE-DISPLACEMENT MACHINE FOR REALIZATION OF THIS METHOD

(57) Abstract:

FIELD: manufacture of reduction gears, engines, compressors, pumps, internal combustion engines. SUBSTANCE: method consists in differential rotations of engageable members around their axes and synchronizing linkage member; both rotations are independent; angular rates of rotations are determined from definite relationship. Simultaneously with rotation of engageable members about their axes, planetary rotation of any of engageable member about axis of other member is performed; angular rates of rotations of engageable members are also selected from definite relationship. Specific feature of positive-displacement machine is position of synchronizer mounted in housing for rotation about main axis; at least one engageable member and synchronizer or least two engageable members are linked forming kinematic chain for synchronization of rotations of both engageable members about their axes or rotation of one of engageable member about its axis and

rotation of axis of engageable member performing planetary rotation about main axis in accordance with definite relationship. EFFECT: possibility of increasing number of working cycles per revolution of drive shaft. 13 cl, 15 dwg



ФИГ.1

RU  
2140018  
C1

RU 2140018 C1

Изобретение относится к машиностроению, в том числе к моторостроению, компрессоростроению, насосостроению и т.д., и может быть использовано в механических устройствах и в объемных машинах, преобразующих энергию рабочей среды - жидкости или газа, например, в роторно-поршневых двигателях внутреннего сгорания с циклами типа Otto, Дизеля или в трохоидных двигателях типа Ванкеля.

Все известные способы преобразования движения в трохоидных объемных машинах сводятся к двум: вращательному /биротативному/ и планетарному. Согласно первому из них двух звеньям - охватывающему и охватываемому элементам, имеющим исходный и сопряженный профили, сообщают вращение вокруг неподвижных параллельных осей; согласно второму способу - одному из этих элементов сообщают планетарное движение относительно центра другого, причем неподвижного элемента.

Для планетарного способа преобразования движения количество полных циклов изменения объема камеры, ограниченной криволинейными поверхностями ротора и трохоидной поверхностью статора за один оборот приводного вала, равно числу ветвей трохоиды  $j=Z-1$ , где  $Z=2,3,4\dots$  - любое целое число, равное количеству точек пересечения внутренней и наружной огибающих семейства трохоид. Количество же ходов грани ротора, при котором объем рабочего тела изменяется от минимального до максимального значения, равно  $2j$ , каждый ход происходит при повороте центра планетарного элемента на угол  $\gamma = \pi Z/(Z-1)$

Известные способы преобразования движения применяются в объемных машинах с одной независимой степенью свободы вращательного движения с сопряженными элементами криволинейной формы, например, в механизмах с циклоидальным зацеплением /авторское свидетельство СССР N 205567/.

Эти способы применяются в трохоидных объемных машинах, в которых в процессе движения сопряженных охватывающего и охватываемого элементов, имеющих внутренние или наружные трохоидные /циклоидные/ профили, происходят периодические изменения объема вытеснительных камер и различные термодинамические циклы /Бениович В.С., Апазиди Г.Д., Бойко А.М. Роторопоршневые двигатели. М. : Машиностроение, 1968 г./.

В известных объемных машинах взаимосвязанное движение охватывающего и охватываемого элементов обеспечивается механизмом синхронизации, а если на охватывающем элементе число формообразующих дуг профиля больше, чем на охватываемом элементе, то синхронизация обеспечивается путем самозацепления самих элементов, т.е. без применения специальных механизмов синхронизации.

Наиболее близким техническим решением к предложенному способу является способ преобразования движения в трохоидной объемной машине, включающий создание циклически изменяющихся замкнутых объемов между кинематически взаимодействующими элементами - ротором

и корпусом - охватываемым и охватывающим элементами с циклоидными /трохоидными/ формами взаимодействующих геометрических поверхностей или при биротативном движении обоих упомянутых элементов /патент Франции N 2719874, 1995/.

Известные способы преобразования движения в объемных машинах с сопряженными элементами криволинейной формы, реализованные в объемных машинах, обладают ограниченными техническими возможностями, не позволяющими увеличить количество рабочих циклов, осуществляемых за один оборот /период обращения/ элементов вытеснительной пары, а также повысить КПД ввиду наличия реактивной силы на опорах неподвижного корпуса машины.

Задачей, на решение которой направлено настоящее изобретение, является расширение технических и функциональных возможностей путем увеличения числа независимых степеней свободы вращательного движения до двух и числа рабочих циклов изменения объемов рабочих /вытеснительных/ камер за один оборот приводного вала с одновременным уменьшением значений суммарного махового момента и реакций на опорах объемной трохоидной машины.

Для достижения указанного выше технического результата в известном способе преобразования движения в машине объемного расширения /вытеснения/, имеющей сопряженные элементы, ограниченные взаимоогибающими поверхностями, выполненными на одном из сопряженных элементов в виде криволинейной поверхности, а на другом - в виде наружной или внутренней огибающей семейства поверхностей, образованного с помощью вышеупомянутой криволинейной поверхности, заключающемся в том, что создают взаимосвязанные вращательные движения охватывающего и охватываемого сопряженных элементов с возможностью образования вытеснительных рабочих камер, и посредством звеньев синхронизирующей связи синхронизируют вращения охватывающего и охватываемого сопряженных элементов, осуществляют дифференциально связанные вращения двух вышеупомянутых сопряженных элементов вокруг своих осей и звена синхронизирующей связи два вращения из упомянутых выше являются независимыми друг от друга, причем угловые скорости вращений определяют из соотношения

$$K_1\omega_1 + K_2\omega_2 + \omega_3 = 0,$$

где

$\omega_1, \omega_2$  - угловые скорости вращения вокруг своих осей вышеупомянутых сопряженных элементов,

$\omega_3$  - угловая скорость вращения звена синхронизирующей связи,

$K_1, K_2$  - постоянные коэффициенты связи, при этом одновременно с вращением сопряженных элементов вокруг своих осей осуществляют дополнительно планетарное вращение любого из сопряженных элементов вокруг оси другого элемента, а величины угловых скоростей вращения сопряженных элементов выбирают из соотношения

$$(Z-1)\omega_1 - Z\omega_2 + \omega_0 = 0,$$

где  $\omega_1$  - угловая скорость вращения вокруг своей оси элемента, поверхность которого выполнена в виде криволинейной поверхности,

$\omega_2$  - угловая скорость вращения вокруг своей оси элемента, поверхность которого выполнена в форме внутренней или наружной огибающей семейства поверхностей, образованного с помощью вышеупомянутой криволинейной поверхности,

$\omega_0$  - угловая скорость движения оси элемента, совершающего планетарное вращение,

$Z$  - целое число,  $Z > 1$ .

Кроме этого, любые два вращения из вращений двух сопряженных элементов вокруг своих осей и звена синхронизирующей связи могут синхронизировать между собой.

Кроме этого, передачу движения от одного элемента другому могут осуществлять путем введения в механическое соприкосновение криволинейные поверхности охватывающего и охватываемого сопряженных элементов с образованием при этом кинематической пары. Наиболее близким техническим решением к предложенному устройству является трохоидная объемная машина, содержащая корпус с основной осью, в котором расположены охватывающий и охватываемый сопряженные элементы с возможностью образования рабочих камер, синхронизирующая связь между сопряженными элементами, при этом один из сопряженных элементов выполнен с поверхностью в форме криволинейной поверхности, а другой элемент - в виде наружной или внутренней огибающей семейства поверхностей, образованного с помощью вышеупомянутой криволинейной поверхности.

Рабочие камеры образованы охватывающим и охватываемым элементами и двумя плоскими торцевыми стенками, синхронизатор образован зубчатой парой, включающей шестерни внешнего и внутреннего зацепления, при этом в корпусе размещен эксцентриковый вал с коренными шейками и ротор, имеющий несколько вершин с дугообразными сторонами, размещененный шарнирно на эксцентрике эксцентрикового вала и жестко соединенный с шестерней внутреннего зацепления, находящийся в постоянном зацеплении с шестерней внешнего зацепления торцевой стенки /Сухомлинов Р. М. Трохоидные роторные компрессоры. Изд. объединение Вища школа, Госуниверситет, Харьков, 1975 г., стр.70-71/.

Известное устройство обладает одной независимой степенью свободы вращательного движения и ограниченными техническими возможностями, не позволяющими увеличить количество рабочих циклов, осуществляемых за один оборот /период обращения/ элементов вытеснительной пары, а также повысить КПД ввиду наличия реактивной силы на опорах неподвижного корпуса машины. Так, например, в двигателе Ванкеля один полный цикл, равный четырем указанным рабочим циклам, осуществляется за три оборота эксцентрикового вала. Кроме того, у известных объемных трохоидных машин на опоры неподвижного корпуса действуют существенные статический реактивный и инерционный моменты, что снижает их надежность и долговечность.

Задачей, на решение которой направлено настоящее изобретение, является расширение технических и функциональных возможностей путем увеличения числа независимых степеней свободы вращательного движения до двух и увеличения диапазона передаточных отношений механизмов с криволинейными элементами и увеличения числа рабочих циклов изменения объемов вытеснительных камер за один оборот приводного вала с одновременным уменьшением значений суммарного махового момента и реакций на опорах объемных трохоидных машин.

Для достижения указанного выше технического результата в известной машине объемного расширения /вытеснения/, содержащей корпус с основной осью, охватывающий и охватываемый сопряженные элементы, установленные с возможностью образования рабочих камер, и синхронизатор, имеющий по меньшей мере одно звено, один из сопряженных элементов шарнирно установлен в корпусе или синхронизаторе с возможностью вращения вокруг основной оси, а второй сопряженный элемент установлен в синхронизаторе с возможностью планетарного вращения вокруг оси первого элемента, при этом один из сопряженных элементов выполнен с криволинейной поверхностью, а другой элемент - в виде наружной или внутренней огибающей семейства поверхностей, образованного с помощью вышеупомянутой криволинейной поверхности, синхронизатор установлен в корпусе с возможностью вращения относительно основной оси, при этом по меньшей мере один из сопряженных элементов и синхронизатор или по меньшей мере два сопряженных элемента связаны между собой с образованием кинематической цепи, установленной с возможностью синхронизации вращений двух сопряженных элементов вокруг своих осей или вращения одного из сопряженных элементов вокруг своей оси и вращения оси другого сопряженного элемента, совершающего планетарное вращение, вокруг основной оси, в соответствии с соотношением

$$K_1\omega_1+K_2\omega_2+\omega_3=0,$$

где  $\omega_1, \omega_2$  - угловые скорости вращения вокруг своих осей вышеупомянутых сопряженных элементов,

$\omega_0$  - угловая скорость вращения оси элемента, совершающего планетарное движение,

$K_1, K_2$  - постоянные коэффициенты связи, при этом любые два из трех вышеупомянутых вращений  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  независимы друг от друга.

Кроме этого, машина может быть снабжена дополнительным синхронизатором, связанным по крайней мере с любыми двумя из следующих частей объемной машины - синхронизатором, корпусом, сопряженными элементами.

Кроме этого, дополнительный синхронизатор может быть выполнен в виде передачи с передаточным отношением, равным плюс или минус единице, или механизма кругового поступательного движения одного из сопряженных элементов, или кулисного механизма, или инвертора направления вращения.

Кроме этого, машина может быть

снабжена дополнительной кинематической цепью, связанной с любыми двумя из следующих частей машины - синхронизатором, корпусом, сопряженными элементами с возможностью уменьшения на единицу количества независимых степеней свободы машины.

Кроме этого, дополнительная кинематическая цепь может быть выполнена в виде планетарной зубчатой передачи.

Кроме этого, один из сопряженных элементов выполнен с цилиндрическими цевками.

Кроме этого, она может быть снабжена устройствами передачи вращений, связанными по меньшей мере с двумя из следующих вращающихся частей машины: сопряженными элементами и дополнительным синхронизатором, и имеющими средства для соединения по меньшей мере с двумя вращающимися элементами внешних устройств.

Кроме этого, она может быть снабжена дополнительными охватывающими и охватываемыми сопряженными элементами, выполненными с вышеупомянутой криволинейной поверхностью или ограниченной огибающей семейства вышеупомянутой криволинейной поверхностью, установленными с возможностью образования дополнительных рабочих камер и с возможностью вращательного и планетарного движений, при этом все сопряженные элементы расположены или соосно рядом, или коаксиально в камерах друг относительно друга и связаны одни с другими.

Кроме этого, один из вышеупомянутых сопряженных элементов может быть жестко соединен с одним дополнительным сопряженным элементом, другой сопряженный элемент жестко соединен с вторым дополнительным сопряженным элементом, при этом упомянутые элементы установлены в рабочих камерах друг относительно друга коаксиально.

Кроме этого, охватывающие и охватываемые сопряженные элементы могут быть установлены с возможностью механического соприкосновения их криволинейных поверхностей и образования при этом кинематической пары.

На фиг. 1 изображена схема, поясняющая способ преобразования движения в трохоидной объемной машине.

На фиг. 2 - поперечное сечение рабочих камер объемной машины с дополнительными охватывающими и охватываемыми элементами.

На фиг. 3 - продольный размер объемной машины, выполненной с круговым поступательным движением охватываемого элемента, профиль которого выполнен по внутренней огибающей.

На фиг. 4 - сечение А-А по фиг. 3

На фиг. 5 - продольный размер объемной машины, выполненной с круговым поступательным движением охватываемого элемента, профиль которого выполнен по двухдуговой трохоиде.

На фиг. 6 - сечение Б-Б по фиг. 5

На фиг. 7 - продольный размер объемной машины, выполненной с круговым поступательным движением охватывающего элемента, профиль которого выполнен по

двухдуговой трохоиде.

На фиг. 8 - сечение В-В по фиг. 7

На фиг. 9 - продольный размер объемной машины с синхронизатором, выполненным в виде зубчатых колес с планетарным движением охватываемого элемента, профиль которого выполнен по внутренней огибающей.

На фиг. 10 - сечение Г-Г по фиг. 9.

Предложенный способ преобразования движения в объемной машине, выполненной с сопряженными элементами криволинейной формы, осуществляется следующим образом. Создается взаимосвязанное вращение с двумя степенями свободы вращательного движения кинематически сопряженных охватывающего и охватываемого элементов и звеньев синхронизации, создается или планетарное вращение одного из сопряженных элементов, или создается биротативное вращение обоих вышеупомянутых элементов, ограниченных взаимоогибающими поверхностями, выполненными на одном из сопряженных элементов в виде циклоиды или трохоиды, эквидистанты вышеупомянутых поверхностей, криволинейной поверхности, близкой к вышеупомянутым, либо в форме фрагментов вышеупомянутых поверхностей, а на другом в виде наружной или внутренней огибающей семейства вышеупомянутых криволинейных поверхностей и образующие рабочие /вытеснительные/ камеры.

На представленном иллюстрационном материале в качестве охватывающего и охватываемого элементов представлены соответственно ротор и статор объемной машины.

В качестве примера реализации способа представлена объемная машина, в которой охватываемый элемент выполнен в виде ротора 1 /фиг. 1/ трехугловой формы, профиль которого выполнен по внутренней огибающей,  $Z = 3$ , профиль рабочей полости охватывающего элемента - статора 5 выполнен по двухдуговой эпирохонде. Ротор 1 перемещают планетарно, т.е. с угловой скоростью  $\omega$  по окружности на угол  $\theta$  вокруг центра О по окружности, проходящей через Точку  $O_1$ , а сам ротор вращают с угловой скоростью  $\omega/3$  вокруг своего центра  $O_1$  в направлении, совпадающем с перемещением его центра по окружности, так что его три вершины  $A_1, A_2, A_3$  скользят по эпирохонде статора, не отрываясь от нее. В планетарном режиме движения эпирохонда статора 5 неподвижна.

Вводится дополнительная независимая степень свободы вращательного движения сопряженных элементов, например, осуществляют три вращательных движения, два из которых выбирают независимо, а именно при планетарном движении одного из сопряженных элементов осуществляют дополнительно вращение второго сопрягаемого элемента вокруг его оси, а при биротативном вращении обоих сопряженных элементов осуществляют дополнительно планетарное движение одного из сопряженных элементов вокруг оси другого элемента, при этом устанавливают начальную фазу и направление каждого из вращений, а величины угловых скоростей вращений вышеупомянутых сопряженных элементов выбирают в соответствии с зависимостями

$$K_1 \omega_1 + K_2 \omega_2 + \omega_3 = 0$$

$$\omega_1 / \omega_0 = K$$

$$\omega_2 / \omega_0 = [(Z-1)K+1]/Z$$

где  $\omega_1$  - угловая скорость вращения вокруг своей оси элемента, поверхность которого выполнена в форме вышеупомянутых криволинейных поверхностей,  $\omega_2$  - угловая скорость вращения вокруг своей оси элемента, поверхность которого выполнена в форме внутренней или наружной огибающей семейства вышеупомянутых криволинейных поверхностей,  $\omega_3$  - угловая скорость вращения звена синхронизирующей связи,  $\omega_0$  - угловая скорость движения оси элемента, совершающего планетарное движение,  $K_1, K_2$  - постоянные коэффициенты связи,  $Z$  - число вершин огибающей вышеупомянутого семейства криволинейных поверхностей, любое целое число, большее 1,  $K$  - любое действительное число.

Добавляя к планетарному движению ротора биротативный вид движения, т.е. заставляем ротор и статор дополнительно вращаться вокруг своих центров  $O'$  и  $O''_1$  в одном направлении, противоположном направлению планетарного движения ротора с угловыми скоростями -  $2/3/\omega$  /ротор/ и  $-\omega$  /статор/.

Ротор в этом случае приобретает суммарную скорость собственного вращения вокруг своего центра, равную  $\omega/3-2/3\omega = -\omega/3$ , и угол поворота  $\psi = -\theta/n$  вокруг  $O'$  центр ротора  $O'$  сохранит свою скорость движения по окружности  $+\omega$  и угол  $\theta$ , а статор приобретает скорость  $-\omega$ . Это говорит о том, что вершины  $A'_1, A'_2, A'_3$  треугольного ротора

будут в этом случае описывать гипотрохоиду и скользить одновременно по вращающейся вокруг своего центра с угловой скоростью  $-\omega$  эпирохонде статора, не отрываясь от нее. Цикл изменения одного замкнутого объема между ротором и статором уменьшается до -  $45^\circ$  угла поворота ротора вокруг своего центра или, что соответствует  $+135^\circ$  угла поворота центра ротора - и  $-135^\circ$  угла поворота корпуса вокруг центра эпирохонды, т.е. цикл сократился по сравнению с известным ближайшим планетарным аналогом с неподвижной эпирохондой и трехвершинным ротором в два раза /соответственно возросло в два раза количество циклов за оборот/, а по сравнению с биротативной вращательной схемой - в четыре раза, что свидетельствует о возможности интенсификации термодинамических циклов при таком преобразовании движения.

Кроме того, центр ротора и статор вращаются в противоположных направлениях, т. е. контрроторно, что позволяет значительно уменьшить суммарный кинетический и реактивный моменты машины.

Цикл изменения рабочего объема в эпирохондной схеме с планетарным движением ротора /с внутренней огибающей/

с дополнительным вращением статора /эпирохонды/ на фиг. 1, равный  $45^\circ$ , может быть получен при  $Z = 3$  и двухдуговой эпирохонде при различных угловых начальных фазах центра ротора и соотношениях угловых скоростей элементов и их центров, в частности, соотношений угловых скоростей вращения элементов вокруг своих центров к угловой скорости центра элемента, совершающего планетарное движение, т.е.  $\omega_1/\omega_0$  и  $\omega_2/\omega_0$

В частности, при внутренней огибающей ротора 1 и эпирохонде статора 5 или при исходной гипотрохонде ротора 1 и внешней огибающей семейства трохонд статора 5 планетарное движение ротора 1 может быть описано соотношением  $e_{ц.р.} + 1/Z e_p$ , где  $e_{ц.р.}$  и  $e_p$  - единичные орты векторов угловой скорости центра ротора 1 и ротора. Добавим к этому движению биротативное вращение, описываемое выражением

$$K e_{т.к.} + K(Z-1)/Z e_p, \text{ получим } K e_{т.к.} + e_{ц.р.} + [1+K(Z-1)]/Z e_p.$$

Из приведенного следует, что при выполнении поверхности элемента, совершающего планетарное движение, в форме внутренней или наружной огибающей семейства криволинейных поверхностей, а поверхности элемента, совершающего вращение вокруг своего неподвижного центра, в форме криволинейных поверхностей, отношения угловой скорости элемента, совершающего вращение вокруг своего неподвижного центра и угловой скорости вращения /округ своего центра/ элемента, совершающего планетарное движение, к угловой скорости движения центра элемента, совершающего планетарное движение, равны соответственно  $K$  и  $[(Z-1)K+1]/Z$ .

Так, например,  $Z = 3$ , планетарном движении охватываемого элемента ротора с внутренней огибающей и дополнительным вращением эпирохонды корпуса и ротора вокруг своих центров, имеем:

$$\theta = 45^\circ, K = -5, K_1 = -5; K_2 = -3; \text{ цикл } \gamma = 45^\circ \text{ поворота центра ротора.}$$

$$\theta = 135^\circ K = -1; K_1 = -; K_2 = -1/3; \text{ цикл } \gamma = 45^\circ \text{ поворота вокруг своего центра.}$$

Предложенный способ преобразования движения в механизме с сопряженными элементами криволинейной формы осуществляется дифференциально связанным вращением этих элементов и звена синхронизирующей связи, причем скорости их вращения устанавливают в соответствии с зависимостью

$$K_1 \omega_1 + K_2 \omega_2 + \omega_3 = 0,$$

где  $\omega_1, \omega_2$  - угловые скорости вращения вышеупомянутых элементов,  $\omega_3$  - угловая скорость вращения звена синхронизации,  $K_1, K_2$  - постоянные коэффициенты связи, при этом величины любых двух скоростей выбирают произвольно. При такой зависимости, указывающей на наличие у механизма двух степеней свободы, он работает в качестве дифференциального механизма.

Возможны следующие варианты преобразование движения механизма: 1/ без передачи движения между охватывающим и охватываемым элементами, в этом случае их движения определяются звенями

синхронизации без взаимодействия самих сопряженных элементов; 2/ с передачей вращения взаимодействующими сопряженными элементами, в этом случае криволинейные поверхности охватывающего и охватываемого элементов приводят в механическое соприкосновение, образуя кинематическую пару, и осуществляют посредством последней передачу движения между охватывающим и охватываемым элементами.

В общем случае возможно осуществление кинематического сопряжения любого числа дополнительных охватывающих и охватываемых элементов, установленных в дополнительных устройствах синхронизации с возможностью вращательного и планетарного движений, при этом основные и дополнительные элементы могут быть расположены рядом и в полостях друг друга.

На фиг. 2 представлен пример реализации сопряжения шести криволинейных поверхностей четырех подвижных элементов. В этом варианте выполнения объемной машины на наружной поверхности охватывающего элемента - статора 5 выполнена дополнительная криволинейная поверхность 30. Причем, если внутренняя поверхность статора 5 выполнена в виде криволинейных поверхностей, то дополнительная наружная поверхность 30 охватывающего элемента - ротора 1 выполнена также в виде эквидистанты криволинейных поверхностей, а если внутренняя поверхность статора 5 выполнена в виде наружной огибающей семейства криволинейных поверхностей, то наружную поверхность ротора 1 выполняют в виде внутренней огибающей семейства криволинейных поверхностей. Дополнительно введен второй охватывающий элемент - ротор с поверхностями 27 и 31, коаксиально расположенный с первым охватываемым элементом - ротором 1. При этом внутренняя криволинейная поверхность 31 дополнительно охватывающего элемента выполнена сопряженной дополнительной пружиной поверхности 30 первого охватывающего элемента - статора 5.

В приведенном варианте некоторые элементы жестко соединены друг с другом. Так, один из элементов - статор 5 жестко соединен с дополнительным элементом с криволинейной поверхностью 30, эквидистантной поверхности элемента статора 5, или с поверхностью, очерченной огибающей семейства криволинейных поверхностей; другой элемент с поверхностью 31 жестко соединен с другим дополнительным элементом, выполненным с поверхностью 27, при этом все элементы с поверхностями 30, 31, 27, 29 коаксиально установлены в полостях друг друга.

Способ преобразования движения в объемной машине по фиг. 2 осуществляется так же, как по фиг. 1, но с учетом одновременного кинематического взаимодействия трех пар сопряженных поверхностей.

Объемная машина, в которой реализован предложенный способ, представляет собой неподвижный корпус, содержащий охватывающий и охватываемый сопряженные элементы, выполненные соответственно в виде элементов с сопряженными

поверхностями в форме циклоиды или трохоиды, или эквидистанты вышеупомянутых поверхностей, или криволинейной поверхности, близкой к вышеупомянутым, или в форме фрагментов названных поверхностей, при этом один из сопряженных элементов ограничен вышеупомянутой криволинейной поверхностью, а другой ограничен наружной или внутренней огибающей семейства вышеупомянутых криволинейных поверхностей, содержащий также корпус и устройство синхронизации - синхронизатор, механически связывающий между собой сопряженные элементы и неподвижный корпус. В этом механизме с двумя степенями свободы сопряженные элементы установлены с возможностью одновременного взаимосвязанного планетарного движения одного из вышеупомянутых элементов вокруг оси другого элемента и вращения шарнирно установленного в корпусе другого вышеупомянутого элемента вокруг своей оси.

Объемная машина снабжена дополнительным устройством синхронизации, дополнительно связывающим между собой: сопряженные элементы, основное устройство синхронизации и корпус.

На фиг. 3,4 схематично изображена двухступенчатая трохоидная объемная машина, включающая охватывающий элемент в виде статора 5 с трохоидной внутренней поверхностью и плоскими торцевыми стенками /на чертеже не показаны/, неподвижный корпус 6, синхронизирующая связь - кривошип 7 с коренными шейками, шарнирно размещенными в неподвижном корпусе 6, охватываемый элемент в виде ротора 1 с криволинейной наружной поверхностью, размещенной шарнирно на коленной шейке кривошипа 7, синхронизирующий элемент, выполненный в виде параллельных кривошипов 22, коренные шейки которых шарнирно размещены в неподвижном корпусе 6, а коленные шейки шарнирно размещены в роторе 1, причем радиусы кривошипа 7 и кривошипов 22 выбраны равными, а статор 5 установлен шарнирно в неподвижном корпусе 6 с возможностью вращения вокруг своей оси и механически связан с дополнительным механизмом синхронизации. Кривошип 7 соединен со статором 5 и с коренными шейками параллельных кривошипов 22 через механизм передачи вращения, например, редуктор или мультиплликатор, имеющий зубчатые колеса 23, 24, 25, 26. Ротор 1 выполнен по форме в виде трехугловой внутренней огибающей, а статор 5 - в виде двухугловой трохоиды.

Работа в механизме происходит по схеме фиг.1, но с круговым поступательным движением ротора 1. При вращении кривошипа 7 кинематическая связь зубчатых колес 23, 24, 25, 26 обеспечивает вращение статора 5 с угловой скоростью, в два раза меньшей и в противоположном направлении по отношению к кривошипу 7. Ротор 1 благодаря параллельным кривошипам 22 совершает круговое поступательное движение. При  $Z = 3$ , трехугловом роторе 1 с внутренней огибающей и двухугловой трохоиде статора 5 угловой цикл изменения замкнутых объемов равен  $\gamma = 90^\circ$  по углу поворота статора 5, т.е. полный цикл,

включающий четыре такта, работы объемной машины происходят за один оборот статора 5.

На фиг. 5 представлен вариант выполнения двухступенчатой объемной машины, которая работает аналогично машине по фиг. 3, но в нем ротор 1 выполнен с наружной поверхностью в виде двухдуговой трохоиды, а статор 5 выполнен с внутренней поверхностью в виде трехдуговой наружной огибающей  $/Z=3/$ . В нем также ротор 1 размещен в кривошипе 22, обеспечивающем его круговое поступательное движение вокруг оси О, а статор 5 установлен шарнирно в корпусе с возможностью вращения. Однако в этом варианте ротор 1 и статор 5 образуют кинематическую пару, обеспечивающую самосинхронизацию, так как у него число формаобразующих дуг /три/ на охватывающем элементе - статоре 5 больше, чем на охватываемом элементе - роторе 1, имеющем две дуги. В этом случае не требуется введение синхронизатора.

Объемная машина работает следующим образом.

При вращении кривошипа 7 /фиг.5/ ротор 1 совершает круговое поступательное движение в синхронизирующем элементе - системе параллельных кривошипов 22. При движении ротора 1 происходит самозацепление ротора 1 с внутренней поверхностью статора 5, вследствие чего статор 5 увлекается ротором 1 и вращается в ту же сторону, что и кривошип 7. Соотношение угловых скоростей вращения вала кривошипа 7 и статора 5 равно  $3/1$ .

В изменяющихся в процессе вращения вала кривошипа 7 замкнутых объемах между ротором 1, статором 5 и плоскими торцевыми стенками /не показаны/ могут быть осуществлены термодинамические циклы объемных машин. В частности, четырехтактный цикл двигателя внутреннего сгорания реализуется в механизме фиг. 5 за один оборот статора 5, что позволяет осуществлять газораспределение в замкнутых объемах представленной на фиг. 5 машины с помощью золотника /не показано/ на неподвижном корпусе.

На фиг. 7, 8 представлен другой вариант выполнения трохоидной машины с двумя степенями свободы, включающего двухдуговой статор 5 трохоидной формы с центром О и плоскими торцевыми стенками /не показаны/, трехдуговой ротор 1 с криволинейной поверхностью, установленный в полости статора 5, неподвижный корпус 6, механизм синхронизации движений ротора 1 и статора 5. Синхронизатор выполнен в виде параллельных кривошипов 22, коренные шейки которых шарнирно размещены в неподвижном корпусе 6, а коленные шейки шарнирно размещены в статоре 5, при этом статор имеет возможность совершать круговое поступательное движение, центр которого совмещен с осью О - О вала ротора 1, установленного шарнирно в неподвижном корпусе 6 с возможностью вращения вокруг своей оси О - О и кинематически связанного с синхронизирующим элементом в виде кривошипов 22 через механизм передачи вращения, например, редуктор или мультипликатор, имеющий зубчатые колеса 23, 24.

Работа объемной машины фиг. 7 проходит по схеме фиг.1, но при круговом

поступательном движении статора 5. В этой машине при вращении ротора 1 зубчатые колеса 23,24 обеспечивают вращение коренных шеек одинарных кривошипов 22, жестко соединенных с зубчатыми колесами 24 с эксцентриком "е", с угловой скоростью, например, при  $Z=3$ , в три раза большей скорости вала ротора 1. Поскольку трохоидный корпус 5 шарнирно размещен, как в подвесе, в коленных шейках кривошипов 22, то при вращении кривошипов 22 статор 5 совершает круговое поступательное движение, что соответствует схеме фиг.1 в случае вращательного движения ротора 1 и кругового поступательного движения статора 5.

В вариантах выполнения машины, показанных на фиг. 3,5,7, выбор величины эксцентрикитета "е" не влияет на величины диаметров синхронизирующих зубчатых колес 23,24,25, 26, что позволяет применять такие схемы при работе машины в режиме двигателя внутреннего сгорания с воспламенением сжатия, где величина  $e$  обычно мала.

На фиг 9,10 представлена трохоидная машина с двумя степенями свободы, включающая статор 5 трохоидной формы и плоскими торцевыми стенками /не показаны/, трехдуговой ротор 1 с криволинейной наружной поверхностью, неподвижный корпус 6, синхронизирующую связь, выполненную в виде кривошипа 7, коренные шейки которого шарнирно размещены в неподвижном корпусе 6 с возможностью вращения, и пары зубчатых колес 3 и 4, находящихся в постоянном зацеплении, одно из которых соединено с ротором 1, а другое - со статором 5, дополнительный механизм синхронизации - синхронизатор, выполненный в виде зубчатых колес 2 и 8, последнее из которых - внутреннего зацепления, соединено с неподвижным корпусом 6, а другое - внешнего зацепления, установлено на роторе 1. Подвижные трохоидный статор 5, трехдуговой ротор 1 на эксцентрике, два зубчатых колеса 2 и 3 на роторе 1, зубчатое колесо 4 на трохоидном статоре 5 и неподвижное зубчатое колесо 8 образуют контрроторную трохоидную объемную машину.

Работа трохоидной объемной машины происходит следующим образом. При вращении эксцентрикового вала кривошипа 7 зубчатое колесо 2 ротора 1 обкатывается по внутренней поверхности неподвижного зубчатого колеса 8 и заставляет ротор 1 совершать планетарное движение. Зубчатое колесо 3 вращает зубчатое колесо 4 трохоидного статора 5, который вращается контрроторно по отношению к валу кривошипа 7. Изменения рабочих объемов камер между ротором 1, статором 5 и плоскими торцевыми стенками статора 5 происходят в два раза чаще, чем в прототипе, а вершины ротора описывают гипотрохоиду и одновременно скользят по эпироиде.

В данном случае использован синхронизатор, выполненный в виде пары зубчатых колес 2 и 8. Возможно выполнение синхронизатора в виде кулисного механизма с вращающейся кулисной или инвертора направления вращения /не показаны/.

Ротор 1 и статор 5 в других вариантах выполнения объемной машины могут быть выполнены в виде элементов цевочного

зашепления, колеса с цилиндрическими цевками и зубчатого колеса с циклоидальной огибающей.

В общем случае два вращающихся элемента трохоидной машины, в том числе с контрроторным вращением, могут быть связаны посредством передаточных механизмов с вращающимися элементами внешних устройств или механизмов, при этом передача вращающихся моментов может осуществляться как от трохоидной машины к внешнему устройству, так и в обратном направлении. Такая связь может осуществляться, например, с контрроторной турбиной, компрессором или контрроторной электрической машиной.

Трохоидная машина может быть снабжена золотником, установленным с возможностью скольжения по торцевой или цилиндрической поверхности одного из сопряженных элементов /не показан/.

Преимущество изобретения заключается в уменьшении угловой протяженности термодинамических циклов, уменьшении махового результирующего момента и реакции на опорах машины, улучшении литровых удельных показателей машины при реализации двухступенчатого контрроторного и других вариантов способа работы объемной машины и двухступенчатой объемной машины по изобретению.

#### Формула изобретения:

1. Способ преобразования движения в машине объемного расширения (вытеснения), имеющей сопряженные элементы, ограниченные взаимоогибающими поверхностями, выполненными на одном из сопряженных элементов в виде криволинейной поверхности, а на другом - в виде наружной или внутренней огибающей семейства поверхностей, образованного с помощью вышеупомянутой криволинейной поверхностью, заключающийся в том, что создают взаимосвязанные вращательные движения охватывающего и охватываемого сопряженных элементов с возможностью образования вытеснительных рабочих камер, и посредством звеньев синхронизирующей связи синхронизируют вращения охватывающего и охватываемого сопряженных элементов, отличающийся тем, что осуществляют дифференциально связанные вращения двух вышеупомянутых сопряженных элементов вокруг своих осей и звена синхронизирующей связи, два вращения из упомянутых выше являются независимыми друг от друга, причем угловые скорости вращений определяют из соотношения

$$K_1\omega_1 + K_2\omega_2 + \omega_3 = 0,$$

где  $\omega_1, \omega_2$  - угловые скорости вращения вокруг своих осей вышеупомянутых сопряженных элементов;

$\omega_3$  - угловая скорость вращения звена синхронизирующей связи;

$K_1, K_2$  - постоянные коэффициенты связи, при этом одновременно с вращением сопряженных элементов вокруг своих осей осуществляют дополнительно планетарное вращение любого из сопряженных элементов вокруг оси другого элемента, а величины угловых скоростей вращения сопряженных элементов выбирают из соотношения

$$(z-1)\omega_1 - z\omega_2 + \omega_0 = 0,$$

где  $\omega_1$  - угловая скорость вращения вокруг своей оси элемента, поверхность которого выполнена в виде криволинейной поверхности;

5  $\omega_2$  - угловая скорость вращения вокруг своей оси элемента, поверхность которого выполнена в форме внутренней или наружной огибающей семейства поверхностей, образованного с помощью вышеупомянутой криволинейной поверхности;

10  $\omega_0$  - угловая скорость движения оси элемента, совершающего планетарное вращение;

$z$  - целое число,  $z > 1$ .

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что любые два вращения из вращений двух сопряженных элементов вокруг своих осей и звена синхронизирующей связи синхронизируют между собой.

15 3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что передача движения от одного элемента другому осуществляют путем введения в механическое соприкосновение криволинейные поверхности охватывающего и охватываемого сопряженных элементов с образованием при этой кинематической пары.

20 4. Машина объемного расширения (вытеснения), содержащая корпус с основной осью, охватывающий и охватываемый сопряженные элементы, установленные с возможностью образования рабочих камер, и синхронизатор, имеющий по меньшей мере одно звено, один из сопряженных элементов шарнирно установлен в корпусе или синхронизаторе с возможностью вращения вокруг основной оси, а второй сопряженный элемент установлен в синхронизаторе с возможностью планетарного вращения вокруг оси первого элемента, при этом один из сопряженных элементов выполнен с криволинейной поверхностью, а другой элемент - в виде наружной или внутренней огибающей семейства поверхностей, образованного с помощью вышеупомянутой криволинейной поверхности, отличающаяся тем, что синхронизатор установлен в корпусе с возможностью вращения относительно основной оси, при этом по меньшей мере один из сопряженных элементов и синхронизатор или по меньшей мере два сопряженных элемента связаны между собой с образованием кинематической цепи, установленной с возможностью синхронизации вращения двух сопряженных элементов вокруг своих осей или вращения одного из сопряженных элементов вокруг своей оси и вращения оси другого сопряженного элемента, совершающего планетарное вращение, вокруг основной оси в соответствии с соотношением

$$K_1\omega_1 + K_2\omega_2 + \omega_0 = 0,$$

25 55  $\omega_1, \omega_2$  - угловые скорости вращения вокруг своих осей вышеупомянутых сопряженных элементов;

$\omega_0$  - угловая скорость вращения оси элемента, совершающего планетарное движение;

30 40  $K_1, K_2$  - постоянные коэффициенты связи, при этом два из трех вышеупомянутых вращений  $\omega_0, \omega_1, \omega_2$  независимы друг от друга.

45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 905

с любыми двумя из следующих частей объемной машины - синхронизатором, корпусом, сопряженными элементами.

6. Машина по п.5, отличающаяся тем, что дополнительный синхронизатор выполнен в виде передачи с передаточным отношением, равным плюс или минус единице, или механизма кругового поступательного движения одного из сопряженных элементов, или кулисного механизма, или инвертора направления вращения.

7. Машина по п.4, или 5, или 6, отличающаяся тем, что она снабжена дополнительной кинематической цепью, связанной с любыми двумя из следующих частей машины - синхронизатором, корпусом, сопряженными элементами с возможностью уменьшения на единицу количества независимых степеней свободы машины.

8. Машина по п.7, отличающаяся тем, что дополнительная кинематическая цепь выполнена в виде планетарной зубчатой передачи.

9. Машина по п.4, или 5, или 6, или 7, или 8, отличающаяся тем, что один из сопряженных элементов выполнен с цилиндрическими цевками.

10. Машина по п.4, или 5, или 6, или 7, или 8, или 9, отличающаяся тем, что она снабжена устройствами передачи вращений, связанными по меньшей мере с двумя из следующих вращающихся частей машины: сопряженными элементами и дополнительным синхронизатором и имеющими средства для соединения по меньшей мере с двумя вращающимися

элементами внешних устройств.

11. Машина по п.4, или 5, или 6, или 7, или 8, или 9, или 10, отличающаяся тем, что она снабжена дополнительными охватывающими и охватываемыми сопряженными элементами, выполненными с вышеупомянутой криволинейной поверхностью или ограниченной огибающей семейства вышеупомянутой криволинейной поверхностью, установленными с возможностью образования дополнительных рабочих камер и с возможностью вращательного и планетарного движений, при этом все сопряженные элементы расположены или соосно рядом, или коаксиально в камерах относительно друг друга и связаны одни с другими.

12. Машина по п.11, отличающаяся тем, что один из вышеупомянутых сопряженных элементов жестко соединен с одним дополнительным сопряженным элементом, другой сопряженный элемент жестко соединен с вторым дополнительным сопряженным элементом, при этом упомянутые элементы установлены в рабочих камерах друг относительно друга коаксиально.

13. Машина по п.4, или 5, или 6, или 7, или 8, или 9, или 10, или 11, или 12, отличающаяся тем, что охватывающие и охватываемые сопряженные элементы установлены с возможностью механического соприкосновения их криволинейных поверхностей и образования при этом кинематической пары.

35

40

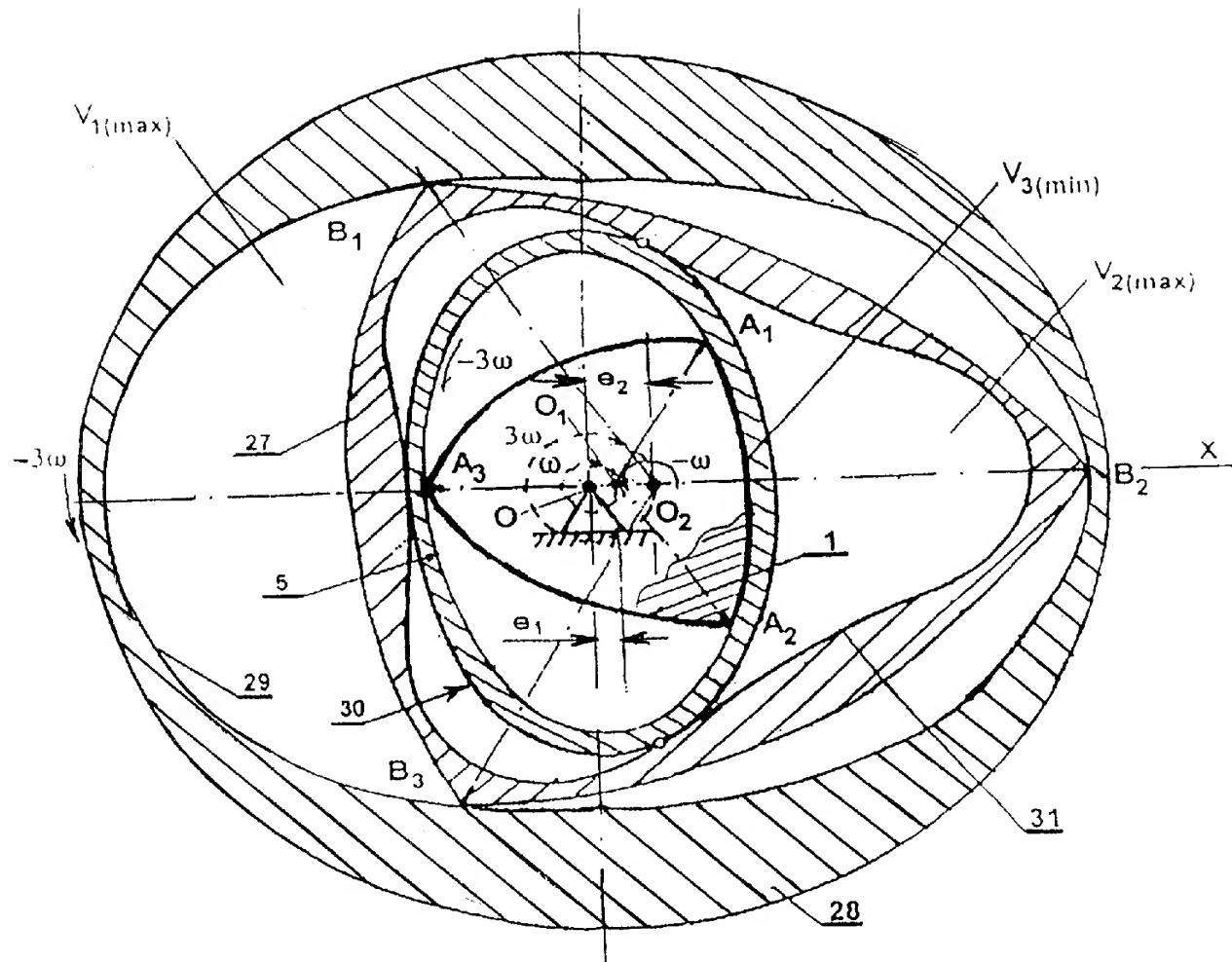
45

50

55

60

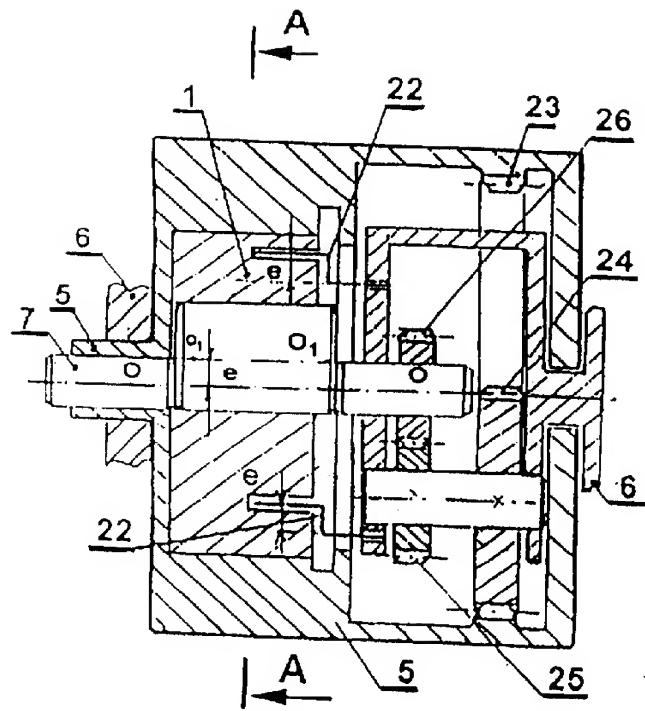
РУ 2140018 С1



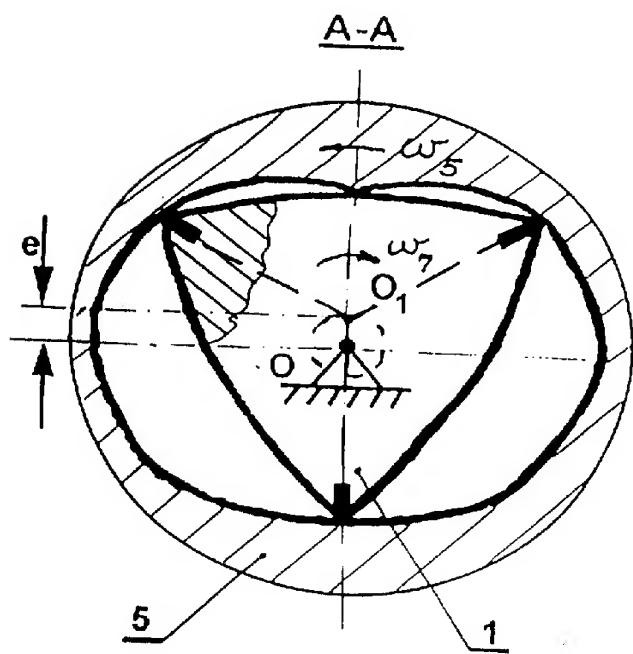
ФИГ.2

РУ 2140018 С1

RU 2140018 C1



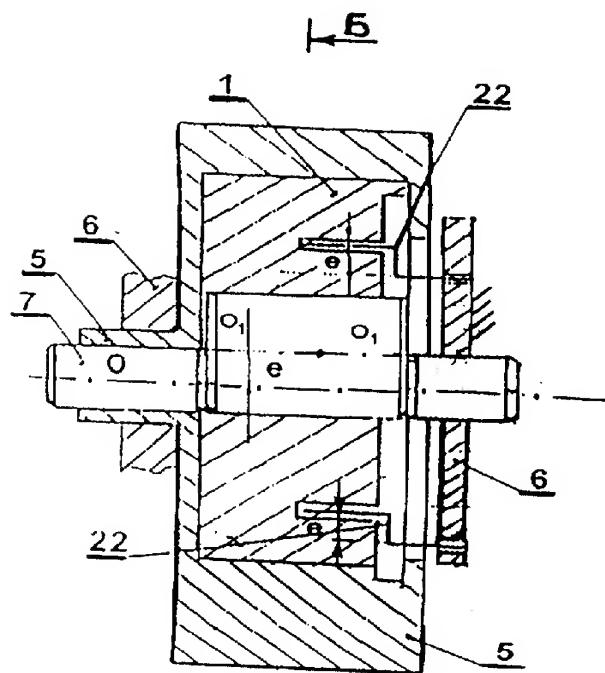
ФИГ.3



ФИГ.4

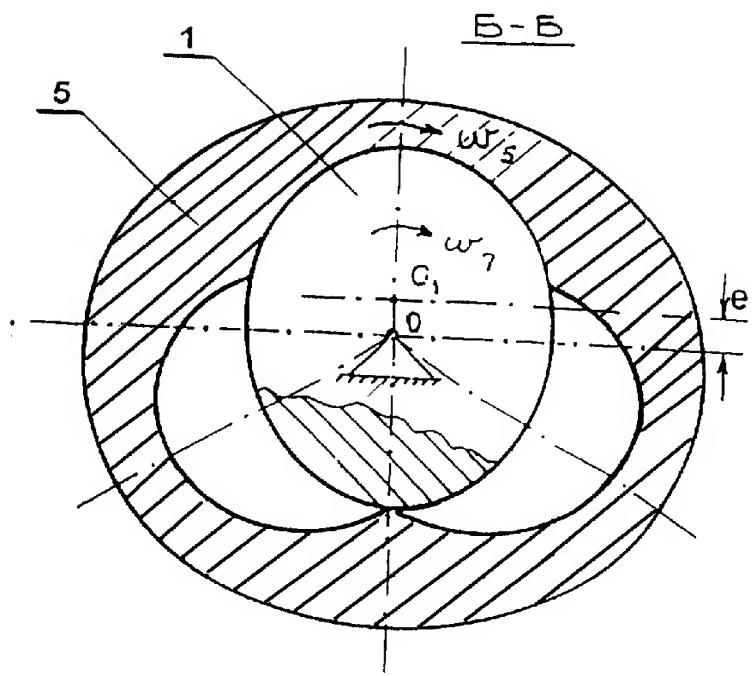
RU 2140018 C1

РУ 2140018 С1



Б

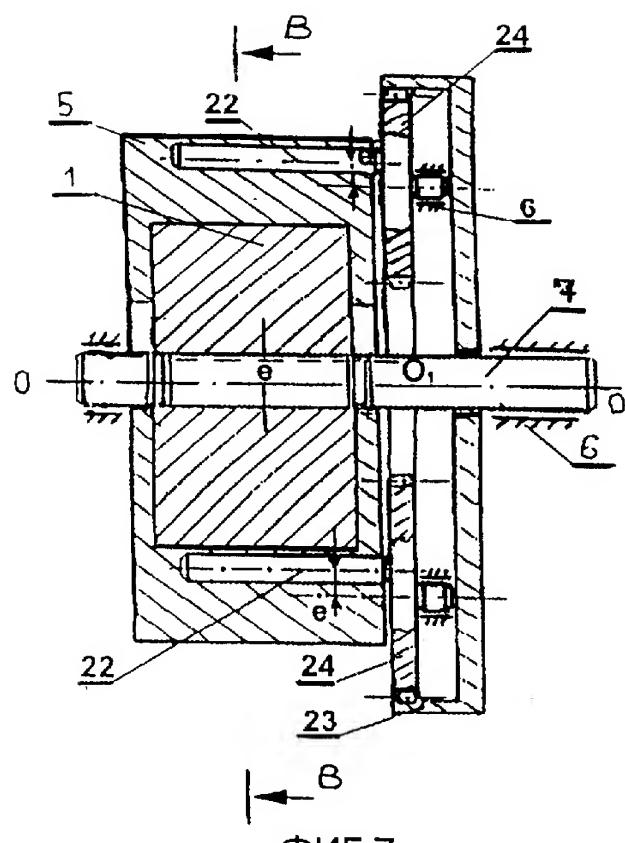
ФИГ.5



Б-Б

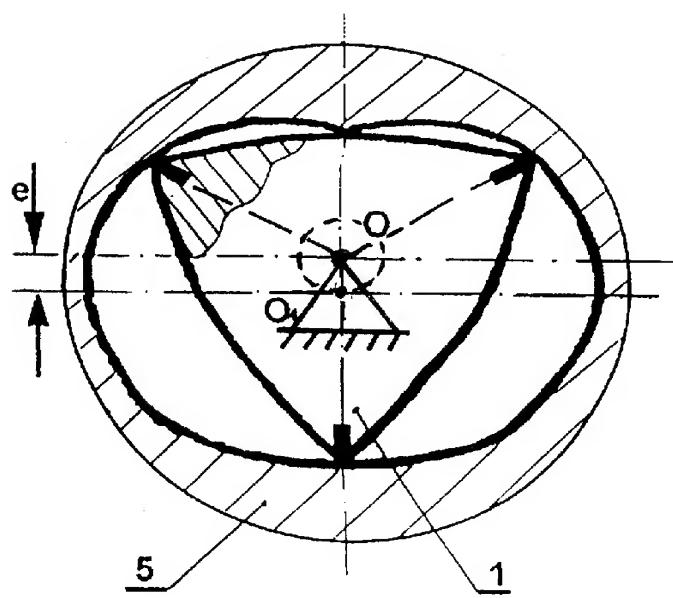
ФИГ.6

РУ 2140018 С1



ФИГ.7

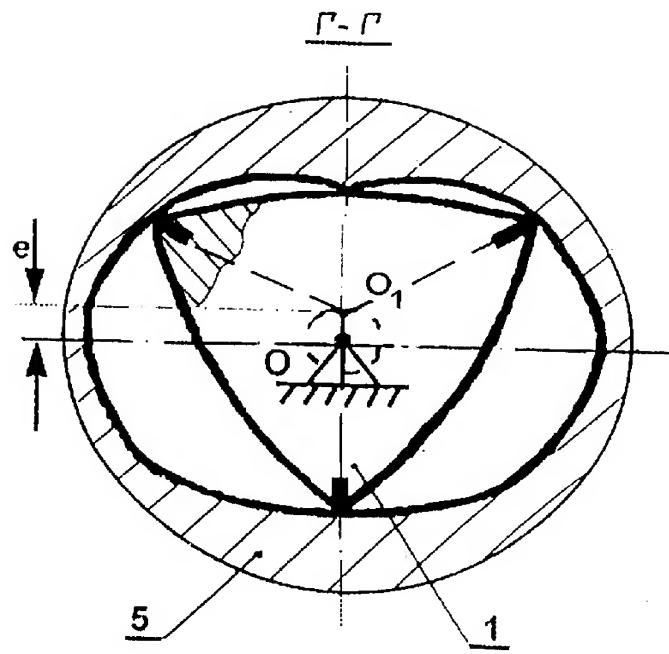
B-B



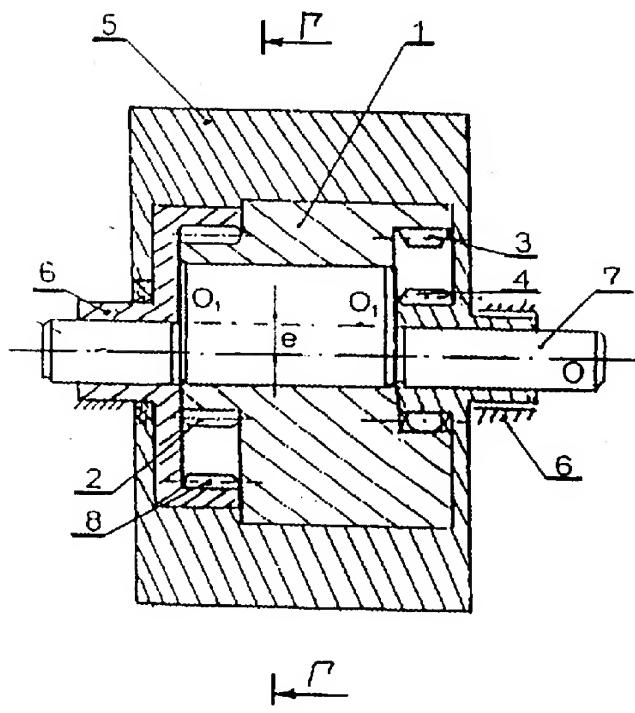
ФИГ.8

РУ 2140018 С1

RU 2140018 C1



ФИГ.10



ФИГ.9

DERWENT-ACC-NO: 2000-463239

DERWENT-WEEK: 200040

*COPYRIGHT 2008 DERWENT INFORMATION LTD*

**TITLE:** Method of conversion of motion in positive-displacement machine and positive-displacement machine for realization of this method

**PATENT-ASSIGNEE:** BRODOV M E[BRODI] , GORBAN A M[GORBI]

**PRIORITY-DATA:** 1998RU-109084 (May 13, 1998)

**PATENT-FAMILY:**

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
RU 2140018 C1	October 20, 1999	RU

**APPLICATION-DATA:**

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
RU 2140018C1	N/A	1998RU-109084	May 13, 1998

**INT-CL-CURRENT:**

TYPE	IPC DATE
CIPS	F04C2/00 20060101

**ABSTRACTED-PUB-NO:** RU 2140018 C1

**BASIC-ABSTRACT:**

**NOVELTY** - Method consists in differential rotations of engageable members around their axes and synchronizing linkage member; both rotations are independent; angular rates of rotations are determined from definite relationship. Simultaneously with rotation of engageable members about their axes, planetary rotation of any of engageable member about axis of other member is performed; angular rates of rotations of engageable members are also selected from definite relationship. Specific feature of

positive-displacement machine is position of synchronizer mounted in housing for rotation about main axis; at least one engageable member and synchronizer or least two engageable members are linked forming kinematic chain for synchronization of rotations of both engageable members about their axes or rotation of one of engageable member about its axis and rotation of axis of engageable member performing planetary rotation about main axis in accordance with definite relationship.

USE - Manufacture of reduction gears, engines, compressors, pumps, internal combustion engines.

ADVANTAGE - Possibility of increasing number of working cycles per revolution of drive shaft. 13 cl, 15 dwg

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/1

TITLE-TERMS: METHOD CONVERT MOTION POSITIVE DISPLACEMENT MACHINE

DERWENT-CLASS: Q56

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: 2000-345417